



Sónia Rocha Neves Pereira de Oliveira

Licenciada em Produção Alimentar em Restauração

Criação de um Bombom Pastel de Nata

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre

em Ciências Gastronómicas

Orientadores: Prof.^a Doutora Paulina Mata, Prof.^a Auxiliar, FCT/UNL

Prof.^a Doutora Anabela Raymundo, Prof.^a Auxiliar, com
agregação ISA/Universidade de Lisboa

Mestre Patrícia Fradinho, ISA/Universidade de Lisboa

Júri:

Presidente: Professora Doutora Isabel Borges Coutinho Medeiros Dias,
Prof.^a Auxiliar, FCT/UNL

Arguente: Professora Doutora Maria Cristiana Henriques Nunes, Prof.^a
Auxiliar, Universidade Lusófona

Vogal: Professora Doutora Maria Paulina Estorninho Neves da
Mata, Prof.^a Auxiliar, FCT/UNL



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Setembro, 2017

Sónia Rocha Neves Pereira de Oliveira

Licenciada em Produção Alimentar em Restauração

Criação de um Bombom Pastel de Nata

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre

em Ciências Gastronómicas

Orientadores: Prof.^a Doutora Paulina Mata, Prof.^a Auxiliar, FCT/UNL

Prof.^a Doutora Anabela Raymundo, Prof.^a Auxiliar com
agregação ISA/Universidade de Lisboa

Mestre Patrícia Fradinho, ISA/Universidade de Lisboa



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Setembro, 2017

Criação de um Bombom Pastel de Nata

Copyright © Sónia Rocha Neves Pereira de Oliveira, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Primeiramente, gostaria de agradecer à professora Paulina Mata, o contínuo apoio e paciência desde o primeiro dia de aulas do mestrado, e em particular, durante o processo de realização da tese. Agradecer ainda, numa nota mais pessoal, o apoio que se estendeu para além do papel de orientadora.

Gostaria também de agradecer à professora Anabela Raymundo, o seu apoio e entusiasmo, e por todas as recomendações que permitiram o desenvolvimento do trabalho.

À professora Patrícia Fradinho cujo apoio foi fundamental na realização do trabalho e que, esteve presente passo-a-passo na evolução do trabalho experimental.

À professora Catarina Prista, professor João Paulo Noronha e professora Manuel Malfeito, pelo entusiasmo e toda a aprendizagem prestada.

À minha família, pai, mãe, irmão e avó, o apoio e afeto incondicional que sempre mostraram e que foram fundamentais a todas as etapas da tese e muito mais. Sem eles, a tese não teria sido possível.

Aos meus amigos, aos quais tenho de agradecer a solidariedade e estima, por estarem presentes nos bons e maus momentos.

Ao Bruno, a quem tenho de agradecer toda a ajuda que prestou no desenvolvimento da tese e ainda por todos os momentos alegres que passámos juntos e que guardo comigo.

Aos meus colegas de turma, com quem partilhei inúmeros momentos gastronómicos que marcaram estes anos de mestrado, e que enriqueceram o meu conhecimento.

A todos, o meu profundo agradecimento.

Resumo

O desenvolvimento de novos produtos é um processo complexo que requer etapas de validação intermédias, antes do seu lançamento e/ou comercialização. O desenvolvimento de produtos inovadores é usado, por empresas da área alimentar, como uma estratégia competitiva.

O pastel de nata é um produto tradicional português consumido em diversas partes do mundo. A sua popularidade levou ao surgimento de novos produtos com características semelhantes e à criação de novas versões do pastel de nata.

Neste trabalho pretendeu-se desenvolver um produto alimentar inspirado no pastel de nata. O produto desenvolvido apresenta uma forma esférica e compreende um revestimento crocante de massa folhada, um recheio de creme pastel de nata e, no centro, uma esferificação inversa com sabor a canela. O desenvolvimento das camadas foi possível com a aplicação de hidrocolóides como a goma de xantana e elastic, um produto comercial constituído por uma mistura de goma de alfarroba e κ -carragenina. O produto desenvolvido foi designado por *Bombom Pastel de Nata*. O desenvolvimento do bombom foi feito por camadas, que foram montadas na fase final.

As diferentes camadas do Bombom Pastel de Nata foram analisadas individualmente e no seu conjunto. A resistência mecânica da esferificação inversa de canela foi analisada por compressão uniaxial. O creme pastel de nata foi analisado quanto ao seu perfil de textura e à sua viscosidade. A camada exterior crocante do bombom foi analisada com recurso ao texturómetro por penetração simples. Os resultados dos testes efetuados ao creme pastel de nata do bombom (análise de perfil de textura e análise reológica) foram comparados com os resultados obtidos, dos mesmos testes, realizados ao creme de um pastel de nata tradicional, que se estabeleceu como referência. Também se efetuaram testes como a medição dos sólidos solúveis totais e da atividade de água. Os resultados obtidos com estes testes, permitiram analisar a estabilidade e integridade do bombom. A estabilidade microbiológica foi também medida com o objetivo de estabelecer um prazo de validade de 5 dias. A aceitabilidade do bombom foi averiguada através da análise sensorial, por um painel de provadores não treinados. A análise dos compostos voláteis, por HS-SPME em GC-MS, permitiu obter uma comparação do perfil aromático entre o bombom e o pastel de nata referência.

Em termos sensoriais, o bombom apresentou uma aceitabilidade satisfatória, cujo sabor foi associado ao do pastel de nata tradicional pela maioria dos provadores (65%).

Palavras-chave: Pastel de nata, desenvolvimento de novos produtos, hidrocolóides, análise sensorial, textura, compostos voláteis.

Abstract

New product development is a complex process that requires intermediate steps prior to the product launch and/or commercialization. The development of innovative products is a competitive strategy.

"Pastel de nata" is a traditional Portuguese product, consumed in diverse parts of the world. Its popularity has led to the emergence of new products with similar characteristics and to creation of new versions of "pastel de nata".

In this work it was intended to develop a food product inspired by the "pastel de nata". The developed product has a spherical shape and comprises a crisp coating of puff pastry, a filling of "pastel de nata" cream and, in the center, a cinnamon-flavored inverse spherification. The development of the layers was possible with the application of hydrocolloids such as xanthan gum and elastic, a commercial product containing a mixture of locust bean gum and κ -carrageenan. The product developed was called *Pastel de Nata Bonbon*. The development of the bonbon was made by layers, which were assembled in the final phase.

The different layers of the Pastel de Nata Bonbon were analyzed individually and as a whole. The mechanical strength of the inverse spherification of cinnamon was analyzed by uniaxial compression. The cream "pastel de nata" was analyzed for its texture profile and viscosity. The outer crust of the bonbon was analyzed using a texturometer by simple penetration. The results of the tests performed on the bonbon's cream (texture profile analysis and rheological analysis) were compared with the results obtained from the same tests performed on a traditional "pastel de nata's" cream, which was established as a reference for later comparisons. Other tests were also carried out such as the measurement of total soluble solids and water activity. The results obtained from these tests allowed to analyze the stability and integrity of the bonbon. Microbiological stability was also measured with the aim of establishing a shelf life of 5 days. The acceptability of the bonbon was ascertained through sensory analysis by a panel of untrained consumers. Analysis of the volatile compounds by HS-SPME in GC-MS allowed a comparison of the aromatic profile between the bonbon and the reference of "pastel de nata".

In sensorial terms, the bonbon had a satisfactory acceptability, whose flavor was associated with the traditional "pastel de nata" by most of the consumers (65%).

Key words: "Pastel de nata", new product development, hydrocolloids, sensory analysis, texture, volatile compounds.

Índice geral

Agradecimentos	v
Resumo	vii
Abstract	ix
Índice de figuras	xv
Índice de tabelas	xix
Lista de símbolos	xxi
Capítulo I – Conceptualização do estudo empírico	1
1.1. CONTEXTO E JUSTIFICAÇÃO DO TEMA	1
1.2. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO EXPERIMENTAL	1
Capítulo II – Revisão bibliográfica	3
2.1. O PASTEL DE NATA	3
2.1.1. <i>Contextualização histórica</i>	3
2.1.1.1. Influências árabes na doçaria portuguesa	4
2.1.1.2. Ascensão e declínio da doçaria conventual	5
2.1.1.3. Pastel de nata como doce conventual	6
2.1.1.3.1. “Pastéis de leite”	7
2.1.1.3.2. “Pastelinhos de Nata”	7
2.1.1.3.3. “Pastéis de nata”	8
2.1.2. <i>O pastel de nata no mundo</i>	10
2.1.3. <i>Novos produtos derivados do pastel de nata</i>	11
2.2. DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO PRODUTO	14
2.2.1. <i>Introdução ao processo de desenvolvimento de novos produtos</i>	14
2.2.2. <i>Porquê lançar novos produtos?</i>	15
2.2.3. <i>O (in)sucesso de novos produtos: porque falham os produtos?</i>	16
2.2.3.1. Causas internas	16
2.2.3.2. Causas externas	17
2.2.4. <i>Conceito de um novo produto alimentar e tipos de inovação</i>	18
2.2.5. <i>A importância da inovação na área alimentar</i>	20
2.2.6. <i>Legislação aplicada aos novos produtos</i>	21
2.2.7. <i>Etapas do desenvolvimento de um novo produto</i>	22
2.3. HIDROCOLÓIDES	25
2.3.1. <i>Introdução</i>	25
2.3.1.1. Utilização na área alimentar	26
2.3.1.1.1. Introdução em escala e processo legislativo	28
2.3.1.1.2. Classificação e numeração dos aditivos alimentares	30

2.3.2.	<i>Propriedades Funcionais dos hidrocolóides</i>	30
2.3.2.1.	Espessantes	30
2.3.2.2.	Gelificantes	31
2.3.3.	<i>Hidrocolóides utilizados na componente prática do trabalho</i>	32
2.3.3.1.	Alginato	32
2.3.3.1.1.	Estrutura química	32
2.3.3.1.2.	Propriedades reológicas e fatores condicionantes	33
2.3.3.1.3.	Formação de géis e fatores condicionantes	34
2.3.3.1.3.1.	Gelificação por difusão	35
2.3.3.1.3.2.	Gelificação interna	36
2.3.3.1.3.3.	Gelificação por refrigeração	36
2.3.3.1.4.	Sinergias	36
2.3.3.1.5.	Legislação	37
2.3.3.1.6.	Usos e Aplicações	37
2.3.3.1.6.1.	Encapsulação de microesferas por esferificação inversa	38
2.3.3.1.6.2.	Esferificação inversa aplicada em restauração	39
2.3.3.2.	Goma de xantana	42
2.3.3.2.1.	Estrutura química	42
2.3.3.2.2.	Propriedades reológicas e fatores condicionantes	43
2.3.3.2.3.	Sinergias	44
2.3.3.2.4.	Legislação	44
2.3.3.2.5.	Usos e aplicações	44
2.3.3.3.	Goma de alfarroba	45
2.3.3.3.1.	Estrutura química	45
2.3.3.3.2.	Propriedades reológicas e fatores condicionantes	46
2.3.3.3.3.	Sinergias	47
2.3.3.3.4.	Legislação	47
2.3.3.3.5.	Usos e aplicações	47
2.3.3.4.	Carragenina	48
2.3.3.4.1.	Estrutura química	48
2.3.3.4.2.	Propriedades reológicas e fatores condicionantes	49
2.3.3.4.3.	Sinergias	50
2.3.3.4.4.	Legislação	50
2.3.3.4.5.	Usos e aplicações	51
2.4.	<i>TÉCNICAS UTILIZADAS NA CARATERIZAÇÃO DO BOMBOM PASTEL DE NATA</i>	51
2.4.1.	<i>Introdução às propriedades de textura</i>	51
2.4.1.1.	Compressão	52
2.4.1.2.	Penetração	53
2.4.1.3.	Análise de Perfil de Textura	54
2.4.2.	<i>Análise das propriedades reológicas</i>	56
2.4.2.1.	Introdução às propriedades reológicas	56
2.4.2.2.	Testes reológicos	59
2.4.3.	<i>Cromatografia gasosa</i>	61
2.4.3.1.	Técnica de extração	62

2.4.3.2.	Espectrometria de massa	63
2.4.4.	Análise microbiológica	63
2.4.5.	Análise sensorial	66
Capítulo III – Materiais e métodos		69
3.1.	MATERIAIS	69
3.2.	MÉTODOS	70
3.2.1.	Preparação do Bombom Pastel de Nata	70
3.2.1.1.	Núcleo	71
3.2.1.2.	Creme pastel de nata	73
3.2.1.3.	Revestimento crocante	74
3.2.1.4.	Montagem do Bombom Pastel de Nata	75
3.2.2.	Análise das propriedades de textura	77
3.2.2.1.	Ensaio de compressão ao “núcleo” do Bombom Pastel de Nata	78
3.2.2.2.	Ensaio de penetração ao Bombom Pastel de Nata (final)	79
3.2.2.3.	Análise de Perfil de Textura do bombom e do pastel de nata referência	80
3.2.3.	Análise das propriedades reológicas	81
3.2.4.	Atividade de água (a_w)	83
3.2.5.	Sólidos Solúveis Totais (Grau Brix)	84
3.2.6.	Cromatografia gasosa	84
3.2.6.1.	Preparação das amostras e as condições de extração por HS-SPME	85
3.2.6.2.	Testes preliminares e escolha do método de extração	86
3.2.6.3.	Tratamento dos dados	86
3.1.1.	Análise microbiológica	87
3.1.2.	Análise sensorial ao Bombom Pastel de Nata	87
Capítulo IV – Resultados e discussão		91
4.1.	ESFERIFICAÇÃO INVERSA DE CANELA (NÚCLEO) DO BOMBOM PASTEL DE NATA	91
4.1.1.	Ensaio de compressão	91
4.1.2.	Atividade de água (a_w)	92
4.1.3.	Sólidos Solúveis Totais (Grau Brix)	94
4.2.	CREME PASTEL DE NATA	95
4.2.1.	Atividade de água (a_w)	95
4.2.2.	Sólidos Solúveis Totais (Grau Brix)	96
4.2.3.	Análise de perfil de textura dos cremes	96
4.2.4.	Avaliação reológica dos cremes	100
4.3.	REVESTIMENTO CROCANTE	107
4.3.1.	Atividade de água (a_w)	107
4.4.	BOMBOM PASTEL DE NATA	108
4.4.1.	Análise de textura (teste de penetração)	108
4.4.2.	Análise do perfil aromático	112

4.4.3.	<i>Análise microbiológica</i>	119
4.4.4.	<i>Análise sensorial</i>	121
Capítulo V – Conclusão		127
Referências bibliográficas		130
Anexos		143
ÍNDICE DE ANEXOS		144

Índice de figuras

Figura 1. Imagem exemplificativa de um pastel de nata. Govender (2015).	3
Figura 2. Obra de Josefa de Óbidos intitulada de "Josefa de Óbidos e o tempo Barroco" (século XVII). (Ramos, 2014)	10
Figura 3. "A kinda Portuguese custard pie" do chef Jamie Oliver. Oliver (2002).	12
Figura 4. "Portuguese Duck Duck Egg Tarts" dos chefs George Mendes e Dominique Ansel. Agência Lusa (2017).	13
Figura 5. "Mil-folhas de pastel de nata e gelado de canela" do chef José Avillez. Filipe (2014).	13
Figura 6. "Pastel de Nata" do chef Tiago Bonito. Da nossa cozinha (2016).	14
Figura 7. Ciclo de vida de um produto. Adaptado de Kotler, Armstrong, & Opresnik (2017).	16
Figura 8. Incidência dos diferentes tipos de inovação nos países europeus, entre 2011 e 2013, num total de 61,644 novas SKUs. Adaptado de Nielsen (2014).	20
Figura 9. Processo de desenvolvimento de novos produtos. Adaptado de Kotler et al. (2017).	23
Figura 10. Rótulo de um bolo com recheio de cacau (sem glúten). Destacados a preto, os hidrocolóides presentes na lista de ingredientes. Continente (2017).	27
Figura 11. Sobremesa do Chef Jiho Kim intitulada de Breakfast (pequeno-almoço). Adaptado de Lauren (2012).	28
Figura 12. Características estruturais do alginato: monómeros do alginato, conformação, distribuição dos blocos (do topo para a base). Phillips & Williams (2009).	33
Figura 13. Estrutura caixa de ovo (egg box structure). Imeson (2010).	35
Figura 14. Mecanismo de esférificação inversa para a formação de microesferas com núcleo líquido: (a) gotículas contendo iões de cálcio em contato com solução de alginato, (b) difusão externa de cálcio, e (c) gelificação na interface da membrana. Adaptado de Leong, et al. (2016).	39
Figura 15. Mexilhão encapsulado por esférificação inversa. Gibbs & Myhrvold (2011).	40
Figura 16. Prato elaborado pelos Chefs Brian McCracken e Dana Tough, no restaurante Spur – Seattle. Prato intitulado de Deep-Fried Béarnaise. Sperling (2008).	41
Figura 17. Prato elaborado pelo Chef Jordi Cruz, intitulado de "Liquid Parmesan Gnocchi and Mushroom Infusion". Molecular recipes (2014).	42
Figura 18. Estrutura química da goma de xantana. Mishra (2016).	43
Figura 19. Estrutura química da goma de alfarroba. Mishra (2016).	46
Figura 20. Estrutura química da κ-carragenina, ι-carragenina e λ-carragenina. Mishra (2016).	49
Figura 21. Parâmetros de textura medidos pelo TPA. Adaptado de Razavi & Karazhiyan (2012).	55
Figura 22. Classificação de materiais com caráter sólido de acordo com seu comportamento reológico. Adaptado de Vliet (2014).	57
Figura 23. Classificação de materiais com caráter líquido de acordo com seu comportamento reológico. Adaptado de Vliet (2014).	58
Figura 24. Esquema representativo de um cromatógrafo gasoso acoplado a um espectrómetro de massa. Adaptado de Sparkman (2011).	62
Figura 25. À esquerda, fibra SPME. À direita, extração por DI-SPME e por HS-SPME. Adaptado de Hubschmann (2015).	62
Figura 26. Esquema geral do procedimento de preparação do Bombom Pastel de nata.	71
Figura 27. Esférificação inversa de canela.	72
Figura 28. Creme pastel de nata.	73

Figura 29. Mistura de massa folhada com isomalte, antes de ser colocada no forno.....	74
Figura 30. Primeira fase da montagem do Bombom Pastel de Nata: o creme é colocado em cada uma das concavidades semiesféricas.	75
Figura 31. Segunda fase da montagem do Bombom Pastel de Nata: as esferificações inversas de canela são colocadas no topo do creme pastel de nata, em cada uma das concavidades semiesféricas.	76
Figura 32. Terceira fase da montagem do Bombom Pastel de Nata: as esferas do molde de silicone são totalmente preenchidas com o creme pastel de nata.....	76
Figura 33. À esquerda, Bombom Pastel de Nata com a cobertura de manteiga de cacau visível. À direita, o Bombom Pastel de Nata coberto pelo revestimento crocante (bombom finalizado).	77
Figura 34. Compressão da esferificação inversa de canela.	78
Figura 35. Teste de penetração do Bombom Pastel de Nata: configuração inicial da sonda.	79
Figura 36. Teste de penetração do Bombom Pastel de Nata: entrada da sonda no interior do bombom. ...	80
Figura 37. Teste de análise de perfil de textura do creme do Bombom Pastel de Nata. À esquerda, configuração inicial da sonda. À direita, teste finalizado.	81
Figura 38. Caracterização reológica do creme do Bombom Pastel de Nata no reômetro Haake (modelo RS-75).....	83
Figura 39. Equipamento de GC-MS.....	84
Figura 40. Vials com as amostras, após submetidas aos ultrassons. À direita, o pastel de nata referência e à esquerda, o Bombom Pastel de Nata.	85
Figura 41. Aspeto de uma câmara de prova individual da sala de provas do Instituto Superior de Agronomia.....	88
Figura 42. Aspeto visual da apresentação do Bombom Pastel de Nata.	89
Figura 43. Teste de compressão a esferificações inversas de canela, com variação do tempo de permanência no banho de gelificação.	91
Figura 44. Bombom Pastel de Nata cortado na transversal com esferificação inversa de canela visível (posição da esferificação indicada pela seta).	93
Figura 45. Análise de Perfil de Textura do creme do Bombom Pastel de Nata e do creme do pastel de nata referência.	97
Figura 46. Teste de varrimento de tensões do creme do Bombom Pastel de Nata e do creme do pastel de nata referência.	100
Figura 47. Espectro mecânico do creme do Bombom Pastel de Nata (CB) e do creme do pastel de nata referência (CP), com representação de $\tan \delta$	101
Figura 48. Módulo elástico (G') do creme do Bombom Pastel de Nata e do creme do pastel de nata referência, às frequências de 0,1, 1 e 10 Hz.....	102
Figura 49. Curvas de viscosidade do creme do Bombom Pastel de Nata (CB) e do creme do pastel de nata referência (CP).....	103
Figura 50. Curvas de viscosidade com valores logaritmizados do creme do Bombom Pastel de Nata (CB) e do creme do pastel de nata referência (CP).	103
Figura 51. Bombom Pastel de Nata cortado na transversal, sem as camadas do seu recheio (creme pastel de nata e esferificação inversa de canela).....	107
Figura 52. À esquerda, texturograma que mostra o ponto de cedência (indicado pela seta) do revestimento crocante do bombom, e à direita visualização da deformação causada no bombom pela sonda.	109
Figura 53. Dureza do revestimento crocante do Bombom Pastel de Nata, avaliada por penetração simples.....	109

Figura 54. Trabalho necessário para causar a deformação do creme do Bombom Pastel de Nata, avaliado por penetração simples.....	111
Figura 55. Cromatograma do Bombom Pastel de Nata.	113
Figura 56. Cromatograma do pastel de nata referência.....	114
Figura 57. Comparação entre os cromatogramas do Bombom Pastel de Nata e do pastel de nata referência.	118
Figura 58. Atributos da análise sensorial efetuada ao Bombom Pastel de Nata.	121
Figura 59. Representação dos valores médios dos atributos sensoriais e da intenção de compra.	123
Figura 60. Intenção de compra do Bombom Pastel de Nata.	123
Figura 61. Associação entre o sabor do Bombom Pastel de Nata e outros doces tradicionais portugueses.	125
Figura 62. Diagrama de fluxo de desenvolvimento de processos. Go = satisfação dos critérios e prosseguir para a próxima etapa, Kill = terminar projeto, critérios de satisfação não cumpridos. Adaptado de O'Sullivan (2017).	145
Figura 63. Boletim da análise microbiológica do Bombom Pastel de Nata.	146
Figura 64. Ficha de análise sensorial: perfil do consumidor.	147
Figura 65. Ficha de análise sensorial: ficha de prova.	148
Figura 66. Cromatograma do Bombom Pastel de Nata.	149
Figura 67. Cromatograma do pastel de nata referência.....	152

Índice de tabelas

Tabela 1. Etapas do desenvolvimento de um novo produto. Kotler et al. (2017).....	24
Tabela 2. Origem dos hidrocolóides utilizados na área alimentar e respectivos exemplos. Adaptado de Wüstenberg (2015).	25
Tabela 3. Aplicação do alginato na área alimentar: tipo de aplicação, exemplos, características e vantagens. Adaptado de Phillips & Williams (2009); Imeson (2010); Wüstenberg (2015).	38
Tabela 4. Características técnicas dos produtos utilizados no trabalho experimental.	69
Tabela 5. Características técnicas dos hidrocolóides aplicados na parte experimental. (Cocineros, 2017).	70
Tabela 6. Receita da calda de canela.	72
Tabela 7. Receita do creme pastel de nata.	73
Tabela 8. Testes preliminares de GC-MS realizados aos cremes.	86
Tabela 9. Dados estatísticos da determinação da atividade de água do creme e da esferificação inversa do Bombom Pastel de Nata.	93
Tabela 10. Dados estatísticos da determinação dos sólidos solúveis totais do creme e da esferificação inversa do Bombom Pastel de Nata.	94
Tabela 11. Dados estatísticos da determinação da atividade de água do creme do Bombom Pastel de Nata e do creme do pastel de nata referência.	95
Tabela 12. Dados estatísticos da determinação dos sólidos solúveis totais do creme do Bombom Pastel de Nata e do creme do pastel de nata referência.	96
Tabela 13. Dados estatísticos da Análise de Perfil de Textura do creme do Bombom Pastel de Nata e do creme do pastel de nata referência.	99
Tabela 14. Valores do Módulo Plateau G_N^0 (Pa).	101
Tabela 15. Parâmetros de escoamento (k, n) dos cremes analisados, através da aplicação da Lei da Potência.	104
Tabela 16. Dados estatísticos da determinação da atividade de água do revestimento crocante do Bombom Pastel de Nata.	108
Tabela 17. Dados estatísticos da análise de textura (penetração) ao Bombom Pastel de Nata.	112
Tabela 18. Substâncias identificadas no espectro de massa do Bombom Pastel de Nata.	113
Tabela 19. Substâncias identificadas no espectro de massa do pastel de nata referência.	114
Tabela 20. Resultados da análise microbiológica ao Bombom Pastel de Nata (adaptados do boletim microbiológico).	119
Tabela 21. Compostos voláteis identificados no Bombom Pastel de Nata.	150
Tabela 22. Compostos voláteis identificados no Bombom Pastel de Nata (continuação).	151
Tabela 23. Compostos voláteis identificados no pastel de nata referência.	153
Tabela 24. Compostos voláteis identificados no pastel de nata referência (continuação).	154

Lista de símbolos

δ	Ângulo de dissipação
C	Concentração
ρ	Densidade
γ	Deformação
\varnothing	Diâmetro
f	Frequência (Hz)
ω	Frequência de oscilação angular
G'	Módulo elástico (ou de conservação)
G''	Módulo viscoso (ou de dissipação)
C^*	Overlap Concentration
σ	Tensão
S_0	Tensão de limite elástico
$\dot{\gamma}$	Taxa de deformação
η	Viscosidade
η_{ap}	Viscosidade Aparente

Capítulo I – Conceptualização do estudo empírico

1.1. Contexto e justificação do tema

O tema da dissertação, “Criação de um Bombom Pastel de Nata” surgiu no âmbito da frequência da disciplina de Hidrocolóides, do primeiro ano do mestrado em Ciências Gastronómicas. A disciplina tinha como um dos métodos de avaliação a elaboração de um trabalho individual, no qual era pedido que se aplicassem hidrocolóides ao desenvolvimento de um prato ou receita. Deste trabalho surgiu a vontade de trabalhar com o pastel de nata. O trabalho final da disciplina concretiza-se com o desenvolvimento preliminar de um bombom pastel de nata, muito diferente do produto final apresentado nesta dissertação.

1.2. Apresentação do trabalho experimental

O desenvolvimento das diferentes camadas do bombom, associadas a sabores e elementos do pastel de nata tradicional, ocorreu por etapas.

Primeiro surge o creme, talvez a camada que mais remete ao pastel de nata tradicional. Pretendia-se que este apresentasse uma textura, sabor e aroma, tão semelhantes quanto possível ao pastel de nata tradicional. O creme base foi alvo de várias reformulações ao longo do processo de desenvolvimento. No creme final incorporou-se goma de xantana e elastic (mistura de goma de alfarroba e carragenina). A incorporação dos hidrocolóides permitiu obter um creme mais estável e uma textura adequada à formulação do bombom. O creme final foi comparado com o creme do pastel de nata referência¹.

Após a obtenção de um creme com características satisfatórias, procedeu-se ao desenvolvimento da esferificação inversa de canela, o “núcleo” do bombom. Este é um elemento primeiramente pensado em ser incorporado no bombom, por permitir conferir uma textura “explosiva” aquando da sua rutura, e mais tarde, por poder incorporar o sabor da canela, encapsulando-o dentro da rede alginato-cálcio e, portanto, possibilitando uma discriminação dos diferentes sabores do bombom no momento da prova.

A última camada do bombom, o revestimento crocante, procura ser a componente de ligação à massa folhada do pastel de nata tradicional. Este veio a tornar-se um grande desafio no desenvolvimento do bombom, uma vez que a grande dificuldade prendeu-se com a conservação da sua crocância, ao longo do tempo. A solução encontrada baseou-se na adição de isomalte, um adoçante com baixa higroscopia, à massa folhada.

¹ O “pastel de nata referência” refere-se a um pastel de nata, estabelecido como padrão, que foi utilizado na comparação com o Bombom Pastel de Nata desenvolvido no trabalho.

Capítulo II – Revisão bibliográfica

2.1. O pastel de nata

“- O que vai querer?”

“- Um pastel de nata e um café, por favor.”

O pastel de nata (Figura 1) integra uma parte fundamental da tradição culinária portuguesa, mas, mais do que um produto da culinária, o pastel de nata entrelaça-se na rotina, como símbolo social e convivial. A familiaridade o seu aroma, o crocante da sua massa, a suavidade do creme que preenche o palato, mas que não o satura; torna, o pastel de nata, um produto íntimo na forma em que desperta prazer na sua degustação, convidando a integrar momentos por si próprios, sensoriais.

Há muito que o pastel de nata faz parte da rotina das refeições. Existem indícios que a sua origem poderá estar ligada ao século XVI, a uma remota tradição conventual. A partir do século XV, as grandes viagens marítimas trazem novos produtos que rapidamente revolucionaram os hábitos alimentares, como o açúcar. Este produto, conjugado com as gemas, dá origem a um dos *savoir-faire* das freiras – os doces conventuais.



Figura 1. Imagem exemplificativa de um pastel de nata. Govender (2015).

2.1.1. Contextualização histórica

Os bolos e doces, não sendo essenciais à nutrição humana, tornaram-se indispensáveis no convívio em sociedade, sendo o seu oferecimento uma demonstração de cordialidade. Estes eram oferecidos às visitas recebidas nos conventos, para as quais, quando se distinguiam pelo

seu estatuto na sociedade, eram realizados grandes banquetes, sendo que “os doces eram uma das formas escolhidas para se assinalar a importância destas visitas, confeccionando [cada convento], para o efeito, as suas especialidades” (Sousa, 2013). A arte de bem receber, contribuiu para o aperfeiçoamento destes alimentos, que foram, durante muitos anos, um segredo bem guardado dentro dos conventos.

A origem histórica do pastel de nata remota à época em que as ordens religiosas femininas prosperavam e mantinham secretas as receitas dos doces conventuais. A sua história cruza-se com a introdução do açúcar como ingrediente comum na preparação dos doces conventuais, e com a forma como a sociedade na época se organizava, na qual, as ordens religiosas usufruíam de estatuto social especial, sendo atores de integração dos mais desfavorecidos e de influência sobre a nobreza e o poder monárquico (Vilhena, 2000).

2.1.1.1. Influências árabes na doçaria portuguesa

[O açúcar pode] “ser considerado uma conquista do mundo islâmico e budista, tal como o pão e o vinho o são do cristianismo” (Vieira, 2004)

A influência árabe na doçaria portuguesa é notória nos ingredientes que são utilizados na maioria das receitas de doces atuais. O açúcar, a canela, a erva-doce, a amêndoa e outros produtos gastronómicos, são exemplos de produtos de influência árabe e que atualmente compõem as receitas que hoje consideramos as fundações da doçaria portuguesa. Além dos ingredientes, os árabes também foram responsáveis pela introdução de algumas receitas como a aletria, os queques e as queijadas, que permanecem até hoje na doçaria portuguesa (Rei & Moreira, 2006). “É a invasão estrangeira, e é o convívio social, levando ao cruzamento de culturas; mas é também a diversidade de produtos naturais, permitindo diferentes experiências e combinações, que conduzem à descoberta de novas receitas” (Vilhena, 2000).

Durante a Idade Média, o açúcar e as especiarias eram utilizados como condimentos de diversos pratos, doces e salgados. No entanto, apenas as classes económicas mais abastadas tinham acesso a estes produtos. Nesta altura, o mel era o único adoçante ao alcance dos mais pobres. O açúcar, que se importava então de Alexandria, custava mais de 50 vezes o preço do mel. O açúcar permanece como produto apenas acessível aos reis e à nobreza, até ao século XVI, altura em que se começa a cultivar, na Madeira, a cana de açúcar (Vilhena, 2000).

A partir da segunda metade do século XVI, com a já relativa vulgarização do açúcar, devido ao aumento da sua produção na Ilha da Madeira, a doçaria conventual sofre algumas mudanças ao ocorrer a gradual substituição do mel pelo açúcar, adquirindo um estatuto de excelência e requinte que manteve, até à extinção das ordens religiosas, no final do século XIX (Vieira, 2004).

2.1.1.2. Ascensão e declínio da doçaria conventual

A doçaria conventual caracteriza-se por “usar muito açúcar, muitos ovos, farinha quase inexistente, muita amêndoa e frutas cristalizadas ou em xarope de açúcar” (Gomes, 2017).

Para o ingresso nos conventos femininos era dada preferência às mulheres da nobreza e das famílias mais abastadas – filhas ricas, herdeiras solteiras, viúvas e órfãs, “que, além de consideráveis dotes e rendas, levavam consigo hábitos alimentares e receitas de família, que deram origem a esmeradas preparações gastronómicas e a uma doçaria rica, por vezes complexa”. Estes dotes e outras beneficências dadas pelo rei, contribuíram para a riqueza dos conventos, que contrariamente ao que é dito, usufruíam de uma subsistência abastada e farta (Sousa, 2013). A aquisição de açúcar e outros ingredientes caros, constituía um sinal deste privilégio. Assim, a conjugação destes ingredientes caros, como o açúcar e as amêndoas, juntamente com as gemas, fundou a base da doçaria conventual (Sousa, 2011).

As freiras dominavam com competência os pontos de açúcar. “Trabalhando, com mestria, a simbiose entre o açúcar e os ovos”, passando o seu tempo junto aos tachos e panelas, desenvolveram receitas protagonistas da doçaria conventual, como os pastéis de Santa Clara, o toucinho-do-céu, aletria, sonhos, pão de ló, leite creme, tigelada, arroz doce, barriga de freira, entre outros (Sousa, 2011). Fazia-se, na altura, a distinção entre a doçaria requintada e apurada, farta em açúcar e ovos, que se destinava às ocasiões mais especiais e que só era servida à mesa dos reis, do clero, dos nobres e da alta sociedade; e a doçaria de confeção mais simples, normalmente os bolinhos e biscoitos cujas próprias congregações classificavam de doçaria pobre (Matos, 2008).

As preparações complexas que eram levadas a cabo pelas freiras tinham três principais propósitos: 1) Contribuir para “bem receber” os hóspedes dos conventos. Havia poucas hospedarias naquele tempo e os conventos acolhiam frequentemente comitivas reais, hóspedes ligados ao poder e à administração, além de senhores da nobreza, como as famílias das freiras quando as visitavam, e do alto clero; 2) Providenciar momentos de distração da sua vida enclausurada. A arte de cozinhar era uma “representação do prazer e do luxo, razão pela qual muitas das receitas não eram transmitidas ou reveladas, pois poderiam pôr em causa o prestígio do convento”; 3) Funcionarem como meio de troca ou forma de pagamento de serviços prestados, ou seja, uma “propina” como referem os documentos da época (Consiglieri & Abel, 1999). As receitas desenvolvidas pelas freiras eram registradas em manuscritos e entregues à responsabilidade da abadessa e das madres superiores, que os guardavam, ciosamente, conscientes da sua importância.

No século XVI, a produção artesanal de doces passou a ter tamanha expressão na sociedade portuguesa, que se tornou necessário a normalização desta atividade, através do “Regimento dos Confeiteiros” publicado no capítulo 67 do “Livro de Regimentos dos oficiais mecânicos da mui excelente e sempre leal cidade de Lisboa”, em 1572. Este regimento teve como objetivo definir e tornar públicas as qualidades técnicas necessárias para se adquirir o grau de confeiteiro,

as quais passariam a ser testadas num exame específico para este fim (Gomes J. P., 2014). A doçaria desenvolvida nas instituições conventuais femininas era importante concorrente dos confeitores, mas devido ao enclausuramento das freiras, as vendas ambulantes de doces, eram destinadas aos confeitores e outros que não possuíam o grau de confeiteiro como os pasteleiros e mulheres da sociedade (Braga, 2014).

Com as invasões napoleónicas, no início do século XIX, os mosteiros sofreram atos de vandalismo e inúmeros assaltos. Mesmo após as invasões, os mosteiros continuaram a revelar fragilidades e, em 1834, D. Pedro, Duque de Bragança, ordenou a extinção de “todas as casas de religiosos de ordens regulares, qualquer que fosse a sua denominação, instituto ou regra” e a nacionalização dos seus bens (Almeida, 1922). No entanto, foi permitido aos mosteiros femininos continuarem em funcionamento até à morte da última freira. O declínio dos mosteiros obrigou as freiras a encontrar uma nova forma de sustento: a venda dos doces que tão bem sabiam fazer. É o início de uma nova fase que se caracteriza pela difusão destes doces conventuais por todo o país. As receitas permaneceram secretas até à extinção das ordens religiosas, mas, com o seu declínio, os conventos viram-se obrigados à contratação de pessoas externas a estes. O incumprimento do sigilo das receitas, pelos novos trabalhadores, que as levaram para fora dos conventos, é uma das principais razões porque se encontram os doces conventuais em qualquer parte de Portugal, atualmente.

2.1.1.3. Pastel de nata como doce conventual

A designação “Pastel de nata” encontra-se presente em alguns dos receituários dos conventos, no entanto, a existência de doces com outras designações, mas com métodos de fabrico semelhantes, leva a querer que possa haver uma associação entre estes doces e o pastel de nata atual. A designação “pastel de nata” que intitula alguns dos doces presentes nos receituários, não permite fazer uma associação direta entre estes doces e o atual pastel de nata, pois em alguns casos, a sua receita difere da receita do pastel de nata atual. Para além da designação “Pastéis de nata”, surgem, nos receituários, designações como “Pastelinhos de nata” e “Pastéis de leite” (Braga, 2014). Estes últimos, segundo alguns autores, parecem ser a primeira receita que dá origem ao pastel de nata tradicional. Desta forma, ainda que a verdadeira origem do pastel de nata seja desconhecida, as diversas receitas que existem de pastéis parecem mostrar que a origem do pastel de nata atual não se deve a um pastel específico, confeccionado num determinado convento, mas sim que este derive de um conjunto de receitas² com características em comum, que se encontram presentes nos receituários dos conventos e que, portanto, se trate de uma evolução ao nível dos ingredientes e do modo de confeção. Aliás, a repetição de receitas dos mesmos doces, em diferentes conventos, ainda que afastados uns dos

² Na enumeração dos possíveis ancestrais do pastel de nata não é referido o pastel de Belém por falta de informação que permita explicar as semelhanças entre os pastéis. No entanto, a informação existente sobre os pastéis de Belém indica que os mesmos tenham começado a ser vendidos, sob a designação “Pastéis de Belém”, em 1837, junto ao mosteiro, após a extinção das ordens religiosas em 1834 (Pastéis de Belém, 2013)

outros, leva a crer que tenha havido comunicação entre as freiras dos vários conventos, havendo transmissão das receitas entre as mesmas, apesar dos sigilos regulamentados. Assim, permitindo explicar a existência de receitas semelhantes de pastel de nata, em receituários de conventos separados geograficamente.

Na procura de possíveis ancestrais do pastel de nata, alguns pastéis demonstram ter determinadas características comuns com o atual pastel de nata. Estes pastéis são referenciados com diferentes designações como: “Pastelinhos de nata” do convento de Santa Clara de Évora, “Pastéis de nata” do convento de Odivelas, “Pastéis de leite” no “Livro de Cozinha da Infanta D. Maria de Portugal”, etc. De modo a poder compreender a possível evolução do pastel de nata, as designações encontradas nos diversos receituários são enumeradas de seguida, cronologicamente:

2.1.1.3.1. “Pastéis de leite”

“Pastéis de leite” do Convento da Conceição de Beja eram enviados para a corte em Lisboa, no tempo de D. Manuel I (século XV-XVI). Os pastéis de leite, encontram-se descritos na obra “Livro de Cozinha da Infanta D. Maria de Portugal”, um conjunto de cadernos com um total de 67 receitas, entre as quais a dos pastéis de leite. Trata-se de um manuscrito de um cozinheiro anónimo da corte de Infanta D. Maria de Portugal, que foi levado para Parma, aquando do casamento da infanta D. Maria, neta de D. Manuel I. Os pastéis são descritos como sendo confeccionados com uma massa semelhante à massa areada, (na época, a massa folhada ainda se encontrava a ganhar raízes nas pastelarias europeias) com um recheio semelhante ao atual. De acordo com a receita, no final da confeção, os pastéis são colocados em “forminhas” (Ruela, 2015).

2.1.1.3.2. “Pastelinhos de Nata”

Em 1680, Domingues Rodrigues publica a obra “Arte de Cozinha”, na qual se encontram algumas referências a pastéis. Uma destas referências, “Pastelinhos de manjar-brancos”, é descrita da seguinte forma:

“Bate-te uma dúzia de bolas de manjar-branco com seis gemas de ovos e água-de-flor de laranjeira; quando estiver bem batido fazem-se as caixinhas (como acima se disse), [caixinhas de massa tenra que são cozidas frias e depois recheada com polme] cobrem-se com açúcar e levam-se a corar. Também se fazem de massa frita em forma de meia-lua.” A receita continua com “Do mesmo modo se fazem manjar-real ou de nata” (Rodrigues, 1680).

Apesar de a receita não se tratar de uma confeção semelhante à do pastel de nata, caracteriza-se por ser provavelmente uma das primeiras referências a pastelinhos de nata.

A primeira compilação portuguesa de receitas conventuais femininas é proveniente do convento de Santa Clara de Évora, publicado pela primeira vez em 1729, intitulado de “Livro das Receitas de Doces e Cozinhados vários d’este Convento de Santa Clara d’Évora”. A escrita do manuscrito

foi ordenada pela abadessa do convento, Sórora Maria Leocádia do Monte do Carmo. O manuscrito do Convento de Santa Clara de Évora é dedicado apenas aos doces (embora o título remeta para outros cozinhados). O livro é constituído por dez receitas de doces, todas à base de muitos ovos e açúcar (Algranti, 2002). As receitas presentes no livro não são todas criações deste convento, pois foi notada a presença de três receitas de outros conventos: pão de rala, de Santa Helena do Monte Calvário (clarissas); bolo do paraíso, de Nossa Senhora do Paraíso (dominicanas) e manjar celeste, de Santa Mónica (Braga, 2015). A receita “Pastelinhos de nata” descreve o seguinte procedimento:

“Desfeitos em açúcar fino seis covilhetes de natas e quinze gemas de ovos, engrossa-se ao lume; guarneçam-se depois umas fôrmas de massa folhada, e metida a nata dentro, meta-se a cozer no forno; em a massa estando cozida e com boa cor, sirvam-se quentes” (Algranti, 2002).

Em 1780, Lucas Rigard, escreve o livro “Cozinheiro Moderno” que inclui uma receita intitulada de “Pastelinhos de Natas”. Este doce é feito com um creme de açúcar, gemas e natas, que iam ao lume para engrossar e era depois colocado em pequenas formas de massa folhada. A mistura ia ao forno e os pastéis eram servidos quentes (Braga, 2015).

2.1.1.3.3. “Pastéis de nata”

O “Livro de Receitas da última Freira de Odivelas”, publicado em 1999, trata da compilação de receitas elaboradas no referido convento, durante o século XIX, contendo informações de preparados de períodos muito diversos. O texto inclui os receituários de cozinha, de copa e de outras artes, num total de 209 receitas, com claro predomínio das receitas de doçaria: 182 de bolos, biscoitos, compotas, doces de colher, geleias e xaropes, em contraponto com 12 de salgados. A compilação foi elaborada pela última freira que permaneceu no convento de Odivelas, após extinção das ordens religiosas” em 1834 (Silva, 1999). A receita “Pastéis de Nata” encontra-se descrita da seguinte forma:

“Ingredientes:

3 Litros de leite

2 Colheres de chá de água-de-flor de laranjeira

Canela pisada q.b.

960 Gr de açúcar

Coloca-se o leite num tacho e deixa-se ferver. Vai-se retirando a nata que se forma ao cimo.

Mistura-se as natas obtidas com os ovos³, água-de-flor de laranjeira e canela, depois põe-se tudo isto em outro tacho que já tem açúcar em ponto de fio.

Volta-se a pôr tudo ao lume, mexendo sempre com uma colher de pau. Quando estiver pronto, deita-se em forminhas que vão ao forno” (Silva, 1999).

³ Apesar de os ovos aparecerem no método de preparação, estes não se encontram na lista de ingredientes.

“Pastéis de nata” do Convento de Santa Catarina de Sena, em Évora, encontram-se referenciados no livro “Doçaria Conventual do Alentejo”, de Alfredo Saramago, e eram feitos com massa folha e um recheio apenas constituído por natas frescas, açúcar e gemas de ovo (Saramago, 1997).

O receituário do Mosteiro de Arouca refere “Pastéis de nata” com uma receita idêntica à do Convento de Santa Catarina de Sena. A receita encontra-se igualmente presente num livro de Alfredo Saramago, “Doçaria Conventual do Norte”, acrescentado que a uma massa folhada deve ser muito fina (Saramago, 1996).

No livro “Tratado Completo de Cozinha e Copa”, de 1904, com autoria de Carlos Bento da Maia, surge uma receita de “Pastéis de Nata”, cujo recheio é constituído por natas, açúcar e gemas de ovo. A obra sugere que “é clássico polvilhar a superfície do recheio destes pastéis, primeiro com açúcar muito fino, depois, com canela em pó”, tradição que ainda hoje se mantém (Gomes, 2015).

Em 1936 é publicada a obra póstuma de António M. de Oliveira Bello Olleboma, “Culinária Portuguesa”, que apresenta uma receita de pastéis de nata com uma particularidade interessante: dois recheios para servir os pastéis quentes ou frios, sendo que ambos são feitos com massa folhada (Gomes, 2011).

Mais tarde, em 1982, Maria de Lourdes Modesto, autora do livro “Cozinha Tradicional Portuguesa”, apresenta a receita “Pastéis de nata”, no capítulo da Estremadura, cujo recheio é constituído por: natas, gemas de ovo, açúcar, farinha, açúcar e casca de limão. Acrescenta: “Estes pastéis, que são talvez a mais importante especialidade portuguesa comercializada, podem ser servidos polvilhados com canela, e açúcar em pó” (Gomes, 2015).

Um outro tipo de referência aos pastéis de nata, uma referência gráfica, é apresentada num quadro de Josefa de Óbidos (Figura 2). O quadro mostra em destaque, um doce servido num pequeno vaso de barro. Segundo Ramos (2014), este doce é possivelmente um covilhete, cujo nome deriva da pequena tigela de barro, que levava o covilhete (doce) ao forno. A autora crê que os covilhetes e os pastéis de nata podem ser o mesmo doce, e apresenta algumas transcrições de compras de “covilhetes de nata” para as festas nos conventos (Ramos, 2014).



Figura 2. Obra de Josefa de Óbidos intitulada de "Josefa de Óbidos e o tempo Barroco" (século XVII). (Ramos, 2014)

2.1.2. O pastel de nata no mundo

Em Macau, caminhando pelas velhas ruas “portuguesas” encontra-se um doce que à primeira vista, parece familiar. O doce é vendido aos turistas como uma iguaria tradicional e é-lhes dito que se chama “Portuguese custard egg tarts”, (à letra, tarte de creme de ovo portuguesa). No entanto, apesar da designação, este doce não é bem como o pastel de nata que se consome em Portugal. Baseado na famosa receita de Belém, o pastel de nata de Macau tornou-se famoso quando um empresário inglês, Andrew Stow, abriu uma pequena pastelaria em Coloane (uma ilha na Região Administrativa Especial de Macau), em 1989, onde começou a servir uma versão do pastel adaptada ao paladar oriental. Esta versão, adaptada da receita de Maria de Lurdes Modesto (do seu livro “Cozinha Tradicional Portuguesa”), oferece um pastel de nata com substituição da banha de porco por outra gordura, redução do açúcar e adição de outros ingredientes que mais se adaptam com o gosto dos locais. Os pastéis ficaram conhecidos como “pastéis do Andrew”, que se espalharam por todo o oriente, sob a assinatura de “Lord Stow's Egg Tart” (Da Cruz et al., 2004).

Além de Macau, o pastel de nata encontra-se um pouco por todo o leste asiático. Desde o final dos anos 1990, a empresa de *fast food* KFC (Kentucky Fried Chicken), passou a incluir o pastel de nata como sobremesa no seu menu. O pastel de nata vendido por esta cadeia de *fast food*, deriva da receita que Margaret Wong, ex-mulher de Andrew Stow, vendeu à empresa (Abi-Sâmara, 2012).

A emigração portuguesa que originou pequenas comunidades, nas mais variadas partes do mundo, conduziu à abertura de pequenas pastelarias de doces tradicionais portugueses. O pastel de nata foi um dos doces que mais popularidade captou por parte da população local dos países de destino do fluxo de emigração.

No Canadá, mais especificamente em Montreal, a presença da proeminente comunidade portuguesa conduziu à abertura de diversas pastelarias portuguesas que tornaram o pastel de nata famoso entre os canadenses. O próprio pastel de nata sofreu algumas adaptações ao país de acolhimento, tendo sido criada uma versão com xarope de açúcar, um produto tradicional do Canadá (Sardinha, 2011).

Nos EUA, a emigração portuguesa impulsionou a abertura de pastelarias que vendiam o pastel de nata como produto protagonista. É o caso da Pitta's Bakery que nos anos 60 foi a pioneira da abertura de pastelarias portuguesas em Newark, New Jersey. Em 1973 surge uma rival, a Coutinho's Bakery, que abriria dando início à “Longa Guerra dos Pastéis de Nata” (Da Cruz et al., 2004).

A presença ubiqüitária do pastel de nata sente-se igualmente na Europa. Em Inglaterra, o aparecimento de pastéis de nata reflete a emigração portuguesa que se sente nos bairros de Londres, Camden, Chelsea e Stockwell (uma zona conhecida como a “ilha dos portugueses”). A designação dada ao pastel de nata muda, de local para local. No mercado de Portobello Road, em Londres, o pastel de nata é conhecido por “Nata Cakes”. Também se ouve “Nata” e “Custard Tart”, nas pastelarias portuguesas em Londres como a “Lisboa Patisserie”, no bairro de Notting Hill e a pastelaria “Madeira”. Também a cadeia Benugo (que vende refeições rápidas, doçaria e bebidas) apresenta um bolo chamado “Panata”, com a descrição: “a tradicional especialidade portuguesa” (Da Cruz et al., 2004).

2.1.3. Novos produtos derivados do pastel de nata

A importância do pastel de nata como símbolo gastronómico português, reflete-se no aparecimento de novos produtos, que se cruzam com o pastel de nata. Desta forma, surgiram diversos pastéis que se designam por “pastéis de nata”, mas que acrescentam ao nome, um ingrediente (e.g. pastel de nata de maçã (NIT, 2017)). Existem muitos outros exemplos de novas versões do pastel de nata, no entanto, a designação “pastel de nata” que é conferida a estes produtos tem causado alguma controvérsia. Para o gastrónomo Virgílio Gomes, a designação do novo produto deveria ser “conforme a introdução do novo ingrediente e os doces criados deveriam apenas chamar-se “pastéis do produto” e não pastéis de nata do produto. A introdução de um ingrediente novo vai criar, de facto, um novo pastel. E é a novidade do novo ingrediente que deveria transformar a receita num produto novo que não necessitasse da designação “de nata” (Gomes, 2014). Um exemplo de um produto que segue a designação “pastel do produto” é o Pastel de Cereja do Fundão, criado pela Escola de Hotelaria do Fundão. A utilização de um

produto endógeno, as cerejas do Fundão, partiu como base de lançamento deste novo produto (Prado Coelho, 2012).

Por outro lado, a popularidade do pastel de nata leva a que surjam novas versões, mais ou menos criativas, mais ou menos adaptadas ao paladar do local onde surgem (como é o caso do pastel de nata no leste asiático). Em Inglaterra, o *chef* Jamie Oliver, apresenta uma receita modificada do pastel de nata intitulada por “*A kinda Portuguese custard pie*” (Uma espécie de pastel de nata Português). Tal como o nome indica, a versão apresentada deriva da versão original, mas difere por exemplo, ao introduzir um caramelo no recheio (Figura 3) (Oliver, 2002).



Figura 3. “*A kinda Portuguese custard pie*” do *chef* Jamie Oliver. Oliver (2002).

Outro exemplo é a recriação do pastel de nata do *chef* George Mendes e do pasteleiro Dominique Ansel, intitulada de “*Portuguese Duck Duck Egg Tart*” (Figura 4). O novo pastel “mantém a crosta de massa folhada e o creme de nata, mas ao recheio é acrescentado o sabor de limão e um centro de ovos moles de pato, ligeiramente salgado. O doce é ainda acompanhado por um caramelo feito com vinho da Madeira” (Agência Lusa, 2017).



Figura 4. “Portuguese Duck Duck Egg Tarts” dos chefs George Mendes e Dominique Ansel. Agência Lusa (2017).

Além da derivação dos novos pastéis do pastel de nata, surgiram outros produtos que incorporam o sabor a pastel de nata. É o caso do chá preto com aroma de pastel de nata e o licor “creme pastel de nata” da marca Licor 35 (Bertrand, 2016).

A “recriação” do pastel de nata também acontece em restaurantes. Por autoria do *chef* José Avillez foi criada uma sobremesa intitulada de “Pastel de nata em mil-folhas com gelado de canela” (Figura 5). Outro exemplo é a nova abordagem ao tradicional pastel de nata, uma sobremesa da autoria do *chef* Tiago Bonito do restaurante Lisboeta na Pousada de Lisboa, intitulada simplesmente de “Pastel de Nata” (Figura 6).



Figura 5. “Mil-folhas de pastel de nata e gelado de canela” do chef José Avillez. Filipe (2014).



Figura 6. "Pastel de Nata" do chef Tiago Bonito. Da nossa cozinha (2016).

2.2. Desenvolvimento de um novo produto

2.2.1. Introdução ao processo de desenvolvimento de novos produtos

As necessidades e desejos dos consumidores por produtos alimentares, são cada vez mais diversos e específicos. A indústria alimentar tem sido desafiada a desenvolver produtos que satisfazem os consumidores enquanto indivíduos, em oposição ao lançamento de produtos *standard*, i.e. indiferenciados, para todo o tipo de consumidores (Moskowitz et al., 2009). Por outro lado, a indústria alimentar é igualmente pressionada a lançar novos produtos, mais inovadores, mas também mais convenientes, mais baratos e saudáveis. De acordo com o relatório da Nielsen (2015) "Global New Product Innovation Report June 2015": "Na Europa Ocidental, foram lançadas 12 mil inovações, em quatro mercados, em 17 categorias de produtos entre 2011 e 2013. Nos EUA, houve mais de 20 mil lançamentos desde 2008 [período compreendido entre 2008-2015]" (Nielsen, 2015). Mas existem impasses: os consumidores hoje querem escolhas, mas detestam demasiadas escolhas; querem marketing inteligente, mas tem de ser ajustado a anúncios televisivos de 15 segundos; querem características únicas, mas não muito diferentes; querem qualidades luxuosas e sofisticadas, mas preferem comprar "valor". As empresas precisam de rentabilidade e novidades, mas querem custos reduzidos (Beckley et al., 2007). Ou seja, os consumidores são exigentes e as empresas querem reduzir os seus custos para se tornarem competitivas. De que forma, podem os investigadores de desenvolvimento de novos produtos, atuar de forma a contornar estes impasses? Se a indústria alimentar em geral não cria tendências, por serem os consumidores a ditar quais os produtos que devem ser lançados, atendendo às suas necessidades, então a indústria responderá às suas necessidades através da adaptação às novas tecnologias que permitem criar alimentos inovadores que solucionam problemas e oferecem o que o consumidor deseja.

Tal como referido anteriormente, o lançamento de novos produtos (alimentares) tem sido apoiado pelo progresso científico que potencializou o aparecimento de novas tecnologias e técnicas, assim como novas formas de embalagem (e.g. atmosfera modificada, embalagens inteligentes) e respetivos materiais (e.g. “filmes e revestimentos comestíveis”). Estes novos recursos providenciam vantagens como o aumento do tempo de vida útil e a conservação das características sensoriais dos produtos alimentares (e.g. textura crocante).

Apesar da crescente procura por novos produtos alimentares, nem todos os produtos lançados no mercado, têm sucesso. De acordo com a Nielsen (2015), “Das 60.000 novas SKUs [*stock keeping units*] introduzidas na Europa entre 2011 e 2013, pouco mais da metade (55%) chegou às 26 semanas, e apenas 24% viveram para atingir um ano completo.” Ainda segundo este relatório “aproximadamente 75% das novas SKUs geram menos de 100.000€ de vendas no primeiro ano no mercado.” E, ainda no relatório de 2016: “apenas 20% dos novos produtos produzem um aumento de vendas no segundo ano, enquanto mais de metade sofrem um declínio” (Nielsen, 2016).

2.2.2. Porquê lançar novos produtos?

Se o lançamento de novos produtos no mercado apresenta uma probabilidade baixa de sucesso, porque optam as empresas por continuar a desenvolver novos produtos? Segundo dados da Nielsen (2015), “Em todo o mundo, mais de seis em dez entrevistados (63%) dizem que gostam quando os fabricantes oferecem novos produtos e mais de metade, (57%) diz que comprou um novo produto nas suas últimas compras”. Desta forma, o continuo lançamento de novos produtos, aparenta ser uma estratégia que permite cativar os consumidores.

Mudanças no gosto do consumidor e procura de novos alimentos proporcionam oportunidades para a indústria alimentar. A procura por produtos alimentares tem mudado ao longo dos anos e o aparecimento de novos produtos (e.g. *pronto a comer*) tem conquistado lugares nas prateleiras dos supermercados (Hill & Schluter, 2002). A procura por novos alimentos como por exemplo, alimentos orgânicos, alimentos funcionais ou alimentos projetados para necessidades nutricionais, cria novos nichos de mercado que oferecem oportunidades para que as empresas permaneçam “na competição” (Fuller, 2011). Por outro lado, o desenvolvimento de novos produtos não é só um “preenchimento de uma necessidade”, é também recomendado como uma estratégia adequada para criar uma vantagem competitiva e sucesso financeiro a longo prazo.

Naturalmente, todos os produtos têm ciclos de vida. Após o lançamento de um novo produto, o desafio da equipa de gestão reside em garantir que o produto tenha uma vida longa e saudável. No entanto, as vendas do produto sofrem quedas e a sua comercialização deixa de ser rentável para empresa. (Figura 7).

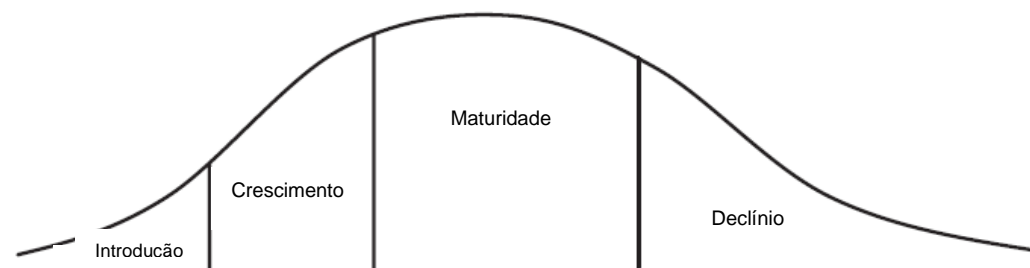


Figura 7. Ciclo de vida de um produto. Adaptado de Kotler, Armstrong, & Opresnik (2017).

À medida que estes perdem a sua rentabilidade, devem ser substituídos. Ao serem substituídos, dão lugar a produtos mais evoluídos tecnologicamente, eficientes, convenientes, sustentáveis, adaptados à continua mudança provocada pelo avanço da ciência, da medicina ou por incentivos do governo (Fuller, 2011).

2.2.3. O (in)sucesso de novos produtos: porque falham os produtos?

Uma possível leitura ao insucesso de novos produtos é proposta por Fuller (2011): “Prever o sucesso ou a falha de qualquer produto contra a volatilidade do consumidor, num mercado em mudança, ainda é uma arte” (Fuller, 2011). De acordo com o autor, as causas do insucesso podem ser classificadas com internas ou externas (à empresa que introduz o produto no mercado). Causas externas, são causas que não podem ser evitadas ou controladas. Portanto, a empresa que falha no lançamento do novo produto, não tem a capacidade de prever o insucesso. No entanto, deve-se colocar as seguintes questões, quando ocorrem falhas: a empresa conhecia as condições que mais fragilizaram a introdução dos seus produtos, no mercado? A empresa teve a capacidade necessária, para desenvolver soluções ou ativar planos de contingência? Assim, apesar de algumas causas de insucesso serem aparentemente externas à empresa, estas podem vir a ser compreendidas como uma falha da empresa que poderia, em princípio, ter sido evitada. Por outro lado, as causas internas resultam de uma falha direta da empresa.

2.2.3.1. Causas internas

As principais causas internas que provocam o insucesso no lançamento de um novo produto são: segmentação incorreta, desempenho/funcionamento insuficiente, embalagem ou embalamento desajustado, associação incompreendida entre produto e o que o define (nome,

posicionamento e publicidade), interpretação do produto incorreta pelos comerciantes e incumprimento dos objetivos/lucros da empresa (Moskowitz et al., 2009).

Nem todas as causas internas de insucesso estão relacionadas com o departamento de investigação e desenvolvimento de novos produtos. Em muitos casos, uma gestão incorreta ou mal direcionada pode colocar a empresa no caminho do insucesso. Em alguns casos, a administração mostra alguma incapacidade no reconhecimento dos seus pontos fracos e fortes, assim com os dos seus trabalhadores. O reconhecimento dos pontos fracos da empresa é uma alavanca para a resolução dos mesmos. Na maioria dos casos, os pontos fracos, relacionados com um determinado departamento, podem ser corrigidos através da contratação *out-sourcing*. Por exemplo, uma empresa cujo departamento de marketing seja incapaz de realizar uma pesquisa de mercado, pode provocar ou catalisar o insucesso de novos produtos. Se perante tal situação, a contratação de uma empresa independente de pesquisa de mercado poderá resolver a insuficiência dos recursos internos.

2.2.3.2. Causas externas

O mercado encontra-se em constante dinâmica. É uma porta de entrada para novas apostas, mas também uma porta de saída para os “mais fracos”. Constatase que, no mercado, a dinâmica dominadores/dominados é natural, embora controlada por regras. Na maioria dos sectores, existem empresas mais dominantes do que outras. Em sectores em que tal não acontece, existe normalmente alguma condição que dite que tal dinâmica deva ser assim. É o exemplo de concursos estatais ou mercados inseridos em climas governamentais menos livres. Nos mercados controlados por um concorrente dominante, é especialmente difícil a introdução de novos produtos. As empresas que investem nos novos produtos não só têm de “angariar” consumidores, como também “combater” os concorrentes. Um concorrente dominante tem o poder para controlar, influenciar ou comprar retalhistas e determinar o espaço e tempo que o seu produto tem na prateleira do espaço comercial. Uma empresa dominante, apresenta igualmente outra vantagem: habitua e condiciona a compra do consumidor. É ainda detentora de meios financeiros para comunicar com o consumidor e para manter o seu produto à venda, habituando o consumidor a comprar o seu produto. Ora, uma empresa com menos poder de mercado que lance um novo produto tem de conseguir ultrapassar estas adversidades. Primeiro, tem de conseguir manter uma produção contínua do seu produto, sem quebras de stock. Segundo, tem de conseguir oferecer um produto que se destaque da concorrência habitual. Tem que oferecer algum ponto de diferenciação que leve o consumidor a comprá-lo. Pode não bastar, à empresa, oferecer produtos “*me-too*” ou seja, produtos imitadores de “*old time sellers*” (produtos que se estabeleceram no mercado e são imagem de marca de um determinado conjunto de produtos e.g. a marca “*Ice tea*” para chás). Portanto, uma empresa que decida lançar uma nova bebida de “chá” frio, deve saber, a priori, se tem mercado para realizar as suas vendas e se consegue oferecer alguma vantagem competitiva. Uma crise económica e um outro fator que pode

determinar a oportunidade para lançamento de novos produtos, para uns será uma oportunidade positiva, para outros não (Fuller, 2011).

Um dos grandes reguladores do mercado, são os governos. Para além de atuar a nível do controlo da qualidade e da segurança alimentar (e.g. controlo microbiológico, avaliação da presença de tóxicos); das regulamentações de venda (e.g. cumprimento das especificações obrigatórias que devem estar presentes nos rótulos), da legislação inerente ao embalamento de produtos alimentícios, de alterações nos programas de agricultura ou a um nível económico mais abrangente com limites de importações/exportações, os governos exercem igualmente o seu poder a nível nutricional dos produtos. A limitação, ou taxação, do teor em açúcares, gorduras, sal e outras substâncias “nocivas” para a saúde é uma das formas de atuação dos governos e das suas instituições ligadas à saúde. Um exemplo é o imposto sobre bebidas não alcoólicas que tenham adição de açúcar ou edulcorantes, enquadrado nos Impostos Especiais sobre o Consumo e introduzido pelo orçamento do estado para 2017. Neste imposto, as bebidas com mais de 80 gramas de açúcar por litro passaram a pagar uma taxa superior às que contêm menos de 80 gramas de açúcar por litro (Lei n.º 42/2016, de 28 de novembro, artigos 212.º, 213.º e 215.º e, código dos Impostos Especiais de Consumo, artigos 61.º, 62.º, 86.º, 87.º-A, 87.º-B, 87.º-C, 87.º-D, 87.º-E) (República, 2016).

2.2.4. Conceito de um novo produto alimentar e tipos de inovação

O que torna um produto alimentar, um produto inovador? Nem todos os produtos lançados no mercado são completamente inovadores, podendo por vezes apenas existir uma pequena variação no tamanho da embalagem, um novo sabor ou mudança de ingredientes (substituição, adição ou remoção de ingredientes). Existem diferentes definições para novos produtos alimentares:

- “O novo produto alimentar deve diferir o suficiente dos produtos alimentares existentes, de forma a que alguns fabricantes de alimentos, distribuidores ou consumidores tenham margem de ajustamento para acomodar o novo produto.” (Hill & Schluter, 2002).
- “Um produto não fabricado anteriormente por uma empresa e introduzido por essa empresa no seu mercado ou num novo mercado ou, apresentação ou *rebranding* de um produto estabelecido sob uma nova forma, uma nova embalagem, ou sob uma nova etiqueta num mercado não explorado anteriormente por essa empresa” (Fuller, 2011).

Um novo produto inovador, associado a ações de mudança, i.e., resultante de alterações aplicadas a produtos existentes (e.g. iogurte líquido que resulta de uma alteração ao iogurte consumido com uma colher), implica investimento em campanhas de marketing, mas em geral não envolve um investimento em investigação e desenvolvimento elevado. Já um produto criativo, i.e., “nunca antes visto”, apresenta um risco significativamente maior. Trata-se de um tipo de produto cujo desenvolvimento está dependente de uma pesquisa profunda, de um determinado tipo de equipamento, de alta tecnologia para uma produção otimizada que ofereça

vantagens e características realmente novas, sendo um tipo de produto associado a custos e investimentos altos. Pode ainda ser um produto estranho para o consumidor, que não sente a sua necessidade, portanto, trata-se de um tipo de produto com maior probabilidade de insucesso.

Por outro lado, existem tipos de produtos que apresentam custos mais baixos e menores probabilidades de insucesso. Por exemplo, o lançamento de um produto e extensão da sua linha, requer pouco tempo de pesquisa necessária para o seu desenvolvimento, nenhuma ou pequenas mudanças na linha de produção, pequenas mudanças na estratégia de marketing, pequenas alterações nos sistemas de distribuição. Outro exemplo é o lançamento de um produto com uma nova embalagem. Na sua forma mais simples, o lançamento de produtos, em novas embalagens, é feito a partir da disponibilização de embalagens mais pequenas ou individualizadas que tornam os produtos mais convenientes e podem apelar a grupos de consumidores como famílias com crianças ou indivíduos que vivam sozinhos. Uma forma mais complexa de lançamento de produtos com uma nova embalagem é a mudança no tipo de embalagem utilizada, como a mudança de recipientes de vidro para os de metal, ou vice-versa. Esta mudança requer a implementação de mudanças adequadas às novas embalagens. Se o alimento é processado dentro da embalagem, a mudança requer um investimento ainda maior na pesquisa sobre novas linhas de montagem e enchimento, novos equipamentos, viabilidade microbiológica, tratamentos térmicos, características intrínsecas do novo tipo de embalagem (e.g. inércia, condutividade), etc. Esta mudança fornece um valor acrescentado ao produto e o custo acrescentado à sua conveniência deve ser trabalhado nas estratégias de marketing (Fuller, 2011).

De acordo com a Nielsen (2014), a maioria dos novos produtos alimentares lançados no mercado Europeu, entre 2011 e 2013, encaixam na categoria de extensão de linha. Os restantes produtos lançados, dividem-se em outras categorias com menos peso, segundo o relatório do estudo realizado. As categorias produtos inovadores que mais se destacaram, a seguir à extensão de linha, por ordem crescente, foram: novo sabor/fragrância, nova marca, novo tamanho, nova embalagem, novo fabricante, reposicionamento, nova forma e reformulação (Nielsen, 2014). Os resultados deste relatório, quanto aos tipos de produtos inovadores, encontram-se representados na Figura 8.

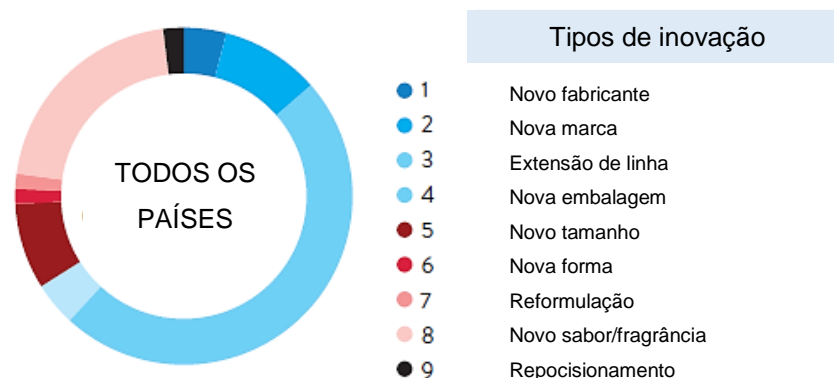


Figura 8. Incidência dos diferentes tipos de inovação nos países europeus, entre 2011 e 2013, num total de 61,644 novas SKUs. Adaptado de Nielsen (2014).

2.2.5. A importância da inovação na área alimentar

A inovação no sector alimentar revolucionou o conceito de supermercado. Hoje, o supermercado tradicional oferece mais do que um simples saco de cebolas ou pacotes de café instantâneo. Trata-se de uma boutique de produtos luxuosos que se tornam uma espécie de carimbo, colocando um “rótulo” sobre as nossas escolhas alimentares. Estas, por sua vez, definem-nos porque marcam o nosso estilo de vida. Optamos por comprar um pacote de cereais de pequeno-almoço básicos ou uma marca que oferece produtos nutricionalmente enriquecidos e que pode até oferecer uma embalagem reciclada ou uma produção sustentável da sua matéria-prima? O simples ato de comprar produtos de primeira necessidade evoluiu para uma ida às compras de indulgências convenientes: um iogurte mais cremoso, mas também menos calórico; uma peça de carne já temperada pronta para cozinhar; uma mistura de vegetais congelados já cortados e descascados, um *snack* individualmente embalado, entre outros (Beckley et al., 2007).

O aparecimento de novos produtos é ainda uma consequência do avanço tecnológico. Por exemplo, novas descobertas científicas aplicadas na embalagem de produtos alimentares possibilitou uma mudança no material utilizado no embalamento: passagem do comum aço, vidro e alumínio para novos plásticos, cartão revestido; derivados de alumínio, plástico e papel; materiais comestíveis que oferecem uma panóplia de novas oportunidades para aumentar, em particular, o tempo de vida útil dos alimentos e a sua qualidade organolética/sensorial (Fuller, 2011).

Avanços a nível da microbiologia permitiram compreender melhor a atividade microbiana nos alimentos. Tal associado ao desenvolvimento da tecnologia permitiu o desenvolvimento de processos de conservação mais limpos, ou seja, em que não há adição de conservantes e em que as qualidades organoléticas dos produtos são melhoradas, como é o caso do recurso a atmosferas modificadas e da técnica de pasteurização por altas pressões (Muntean, et al., 2016; Ooraikul & Stiles, 1991).

Outra área que igualmente influenciou a indústria alimentar a oferecer novos produtos foi a medicina. O papel que os alimentos desempenham na saúde e no bem-estar, levou a uma ponderação mais meticulosa sobre a importância nutricional dos alimentos. Desta consciencialização, surgem produtos “amigos” da saúde: iogurtes probióticos, cremes vegetais que ajudam a diminuir o colesterol, chás ricos em antioxidantes que combatem os radicais livres, etc. Tratam-se, portanto, de alegações de saúde, ou seja, “qualquer alegação que declare, sugira ou implique a existência de uma relação entre uma categoria de alimentos, um alimento ou um dos seus constituintes e a saúde” (Comissão Europeia, 2016). Para controlar a veracidade destas alegações, a União Europeia estabeleceu uma lista de alegações que as marcas dos produtos alimentares podem utilizar, se forem cumpridas determinadas condições. Por exemplo, a UE aprovou a utilização da afirmação “ALA [ácido alfa-linolénico] contribui para a manutenção de níveis normais de colesterol no sangue”, se o produto em questão, cumprir a condição de conter este ácido gordo com os parâmetros estabelecidos no anexo do regulamento europeu (UE) N.º 1924/2006 (Comissão Europeia, 2016). Por outro lado, existem igualmente alegações nutricionais definidas como: “qualquer alegação que declare, sugira ou implique que um alimento possui propriedades nutricionais benéficas particulares devido: a) À energia (valor calórico) que: i) fornece, ii) fornece com um valor reduzido ou aumentado, ou iii) não fornece, e/ou b) Aos nutrientes ou outras substâncias que: i) contém, ii) contém em proporção reduzida ou aumentada, ou iii) não contém.” (Comissão Europeia, 2016).

2.2.6. Legislação aplicada aos novos produtos

Em 2002 a Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos (EFSA – European Food Safety Authority) é criada como uma agência independente de qualquer instituição política. Em novembro de 2015 é publicado um regulamento relativo a novos alimentos, no qual se destacam-se algumas linhas da política relativa a estes:

“Deverão ser incentivadas novas tecnologias e inovações na produção de alimentos, já que podem reduzir o impacto ambiental da produção de alimentos, aumentar a segurança alimentar e beneficiar os consumidores, desde que seja assegurado um nível elevado de proteção dos consumidores.”

“A Comissão só autoriza e inclui um novo alimento na lista da União se este respeitar as seguintes condições:

- a) O alimento não representa, com base nas provas científicas disponíveis, um risco de segurança para a saúde humana;
- b) A utilização a que o alimento se destina não induz o consumidor em erro, especialmente quando o alimento se destina a substituir outro alimento e haja uma alteração importante do seu valor nutricional;

c) No caso de o alimento se destinar a substituir outros alimentos, este não difere de tal forma desses alimentos que o seu consumo normal constitua uma desvantagem nutricional para o consumidor.” (Comissão Europeia, 2015a).

2.2.7. Etapas do desenvolvimento de um novo produto

As etapas do desenvolvimento de um novo produto, que se encontram na literatura, variam consoante o autor que se dedique a este tema. Nomeadamente varia a ordem das mesmas, a sua denominação e o esquema que as agrupa e inter-relaciona (linear/cíclico). Muitos autores apresentam as etapas com subdivisões. Esta opção permite uma melhor compreensão das mesmas e do modo como se relacionam. Apresentam-se, em seguida, exemplos de modelos de desenvolvimento de novos produtos com diferentes etapas (Beckley et al, 2007):

“Definição do produto → Implementação do produto → Lançamento do produto”

“Geração de ideias → Seleção de ideias → Desenvolvimento → Produção → Teste de painel do consumidor → Teste de mercado”

“Geração de ideias → Seleção de conceito → Formulação preliminar → Painéis de avaliação de sabor → Formulação final → Teste de aceitação → Ajuste do produto → Design da embalagem → *Outsourcing* de embalamento → Mini teste de mercado → Distribuição simbiótica.”

Apesar de existirem inúmeros exemplos de modelos, é possível resumir o processo de desenvolvimento de novos produtos a quatro grandes etapas (Earle & Earle, 2000; Winger & Wall, 2006):

- Estratégia de desenvolvimento do produto: identifica o produto e o mercado de atuação (construção dos alicerces)
- Design do produto e desenvolvimento: cria o produto (tempo de criatividade e inovação)
- Comercialização do produto: envolve o *marketing*, produção e distribuição
- Lançamento do produto e pós-lançamento: revisão do produto e tomada de decisões

No processo de desenvolvimento de um novo produto, existe inicialmente uma parte interessada (*stakeholder*) que mostra uma intenção ou toma uma decisão de desenvolver um novo produto. Em geral, os pedidos de desenvolvimento de um novo produto partem de uma de três possíveis partes interessadas: clientes, departamento de vendas ou operações internas da empresa (Beckley et al, 2007).

Após a decisão de avançar com o projeto de desenvolvimento do novo produto, é necessário delegar responsabilidades aos departamentos da empresa. Em grandes empresas existe um departamento especializado no desenvolvimento de novos produtos: o departamento de

investigação e desenvolvimento (I&D). Este departamento pode ser constituído por indivíduos com habilidades como: ciência sensorial e de consumo, química do sabor, estatística, *marketing*, produção, qualidade, assuntos legislativos e regulamentares, gestão de *stock* e compras, e análises e validações microbiológicas e físico-químicas (O'Sullivan, 2017).

Apesar de o departamento de I&D desempenhar um papel fundamental no desenvolvimento do novo produto, outros departamentos encontram-se envolvidos no processo, que envolve uma série de etapas, desde a geração de ideias até ao lançamento do produto no mercado. Tal como referido anteriormente, as etapas de desenvolvimento de um novo produto não são estáticas. Cada etapa agrupa atividades que produzem resultados e, com bases nestes resultados, os gestores tomam decisões. Estas decisões são tomadas de acordo com os resultados (informações) que se obtêm no final de cada uma destas atividades. Os resultados são posteriormente transformados num relatório (informações sobre o produto, a sua viabilidade, a parte comercial e a avaliação final) e, no final, um produto é delineado (conceito do produto, protótipo de produto, produto comercial) (Earle & Earle, 2000).

As etapas de desenvolvimento podem ser representadas por esquemas, como diagramas de fluxo. O'Sullivan (2017) criou um diagrama de fluxo, intitulado de “*The Stage-Gate idea-to-launch model*”⁴, no qual se pode observar as diferentes interações entre as etapas de desenvolvimento. Trata-se de um esquema robusto que se define pela avaliação de desempenho de cada etapa. Os projetos que não demonstram os resultados pretendidos são rapidamente descartados (*kill*) enquanto que, um projeto que satisfaça os critérios impostos, passa à fase seguinte (*go*).

O esquema da Figura 9 representa outro exemplo de esquematização das fases de desenvolvimento de um novo produto, através de uma esquematização linear com o propósito de representar as etapas por uma ordem.

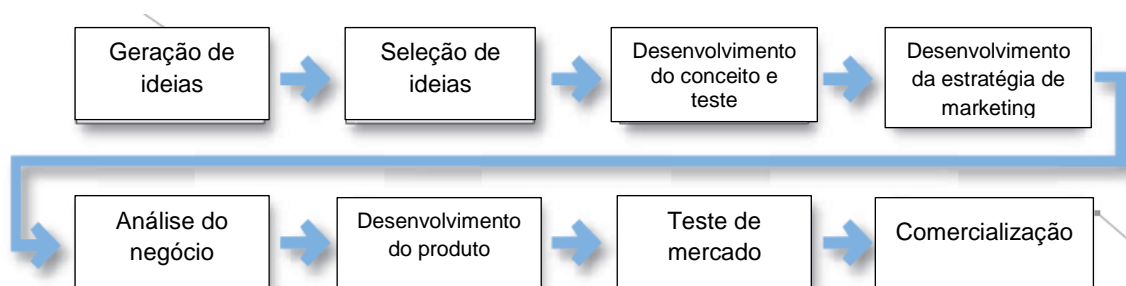


Figura 9. Processo de desenvolvimento de novos produtos. Adaptado de Kotler et al. (2017).

As etapas de desenvolvimento, apresentadas no esquema anterior, esquematizadas por Kotler et al., (2017), encontram-se explicadas na Tabela 1.

⁴ O esquema mencionado encontra-se nos anexos.

Tabela 1. Etapas do desenvolvimento de um novo produto. Kotler et al. (2017).

Fase do desenvolvimento do novo produto	Características	Exemplos
Geração de ideias	As principais fontes de ideias de novos produtos incluem fontes internas e fontes externas, como clientes, concorrentes, distribuidores e fornecedores, entre outros.	Através da equipa de I&D; das perguntas e reclamações dos clientes; dos anúncios das empresas competidoras; uma sessão de brainstorming com um grupo selecionado de indivíduos; ou através de um indivíduo que vê uma lacuna no mercado para um novo produto.
Seleção de ideias	O objetivo é criar um grande número de ideias. Posteriormente, o objetivo é reduzi-las devido aos custos de I&D inerentes.	A partir de uma análise SWOT (<i>strengths, weaknesses, opportunities and threats</i>)
Desenvolvimento do conceito e teste	O desenvolvimento do conceito baseia-se na versão detalhada da nova ideia de produto, atendendo aos desejos expressos dos consumidores. O teste ao conceito é realizado por um grupo de consumidores-alvo e pretende descobrir se os conceitos atraem o consumidor.	Desenvolvimento do conceito através de “ <i>focus group</i> ” ou de entrevistas. No teste do conceito descreve-se o produto e no final pergunta-se ao indivíduo testado se compraria o produto.
Desenvolvimento da estratégia de marketing	A estratégia de marketing é a lógica através da qual a unidade de negócios espera alcançar seus objetivos de marketing.	A estratégia descreve o mercado-alvo pretendido, o posicionamento planeado do produto e as metas de vendas, participação de mercado e lucro para os primeiros anos.
Análise do negócio	Uma revisão das vendas, custos e projeções de lucros para um novo produto de forma a descobrir se estes fatores satisfazem os objetivos da empresa	Através da análise do histórico de vendas de produtos similares e da realização de pesquisas de opinião de mercado
Desenvolvimento do produto	Transformar o conceito do produto num produto físico para garantir que a ideia do produto resulta num produto viável.	Através da equipa de I&D ou outra parte competente da empresa com protótipos
Teste de mercado	Os novos produtos são testados em configurações de mercado mais realistas	Através da implementação da estratégia de marketing numa cidade-alvo, ou exposição dos novos produtos numa prateleira de supermercado e análise das vendas.
Comercialização	Introdução do novo produto no mercado	Através da caracterização dos produtos quanto aos parâmetros: quando? (<i>timing</i>), onde? (<i>geographic strategy</i>), a quem? (<i>target-market prospects</i>), como? (<i>introductory market strategy</i>)

2.3. Hidrocolóides

2.3.1. Introdução

A palavra “hidrocolóide” deriva da adição de duas palavras gregas: “hydro” (água) e “kolla” (cola) (Wüstenberg, 2015). Os hidrocolóides são um grupo heterogêneo de polímeros de cadeia longa (polissacarídeos e proteínas) caracterizados pela sua capacidade de formar dispersões e/ou géis viscosos na presença de água. Em geral estes compostos possuem um grande número de grupos hidroxilo (-OH), sendo, portanto, hidrofílicos, ou seja, possuem uma grande afinidade com moléculas de água. Estes compostos em meio aquoso criam uma dispersão que exhibe as propriedades de um colóide⁵. Desta forma, os hidrocolóides assumem esta designação, apoiada nestas duas propriedades (Saha & Bhattacharya, 2010; Milani & Maleki, 2012).

Uma das possíveis formas de classificar os hidrocolóides é tendo como base a sua origem. Baseando-se neste tipo de classificação, obtém-se a divisão dos hidrocolóides em quatro subgrupos (Wüstenberg, 2015), com exemplos apresentados na Tabela 2.

- Hidrocolóides obtidos de extratos puros de plantas (inclui polissacarídeos modificados e polímeros à base de celulose)
- Hidrocolóides obtidos de exsudados de plantas
- Hidrocolóides obtidos de sementes
- Hidrocolóides obtidos de extratos animais
- Hidrocolóides obtidos de microrganismos

Tabela 2. Origem dos hidrocolóides utilizados na área alimentar e respectivos exemplos. Adaptado de Wüstenberg (2015).

Origem dos hidrocolóides utilizados na área alimentar	Exemplos
Extratos puros de plantas	Polissacarídeos sem modificação: Amido; Pectina; Alginato; Agar; Carragenina; Celulose Polissacarídeos modificados: Amido modificado; Pectina amidada Metilcelulose (MC); Carboximetilcelulose (CMC)
Exsudados de plantas	Goma acácia /arábica; Goma Karaya
Sementes	Goma de guar; Goma de alfarroba; Konjac
De origem animal	Gelatina; Caseinatos
Obtidos de microrganismos	Xantana; Gelano; Dextrano

⁵ Colóide: mistura na qual as partículas (fase dispersa) se encontram dispersas e as suas dimensões situam-se entre 10^{-9} e 10^{-6} m (entre 1 nm e 500 nm). Um sistema coloidal constitui uma situação intermédia entre uma mistura homogênea (solução, com partículas menores que 1 nm) e uma mistura heterogênea (suspensão, com partículas maiores que 500 nm) (Milani & Maleki, 2012).

2.3.1.1. Utilização na área alimentar

As propriedades funcionais dos hidrocolóides são cada vez mais, uma justificação para a sua utilização em alimentos processados, associados a determinados tipos de técnicas de produção alimentar. Estas propriedades funcionais são igualmente cada vez mais importantes. Não só ao nível do processamento industrial, como também na aplicação a escalas de produção mais pequenas como restaurantes e cozinhas domésticas. Se anteriormente era pouco provável encontrar produtos que permitissem imitar a funcionalidade de determinados alimentos (e.g. ovos, farinha, carne, leite), atualmente existe uma facilidade muito maior em encontrar soluções para novas demandas alimentares como alimentos sem glúten, de baixo índice glicémico, sem vestígios de lactose, para vegetarianos, entre outros (Heldman, et al., 2011).

Na indústria alimentar, os hidrocolóides são utilizados com o objetivo de aumentar o tempo útil de vida, de serem substitutos de gorduras, de reduzirem custos, de estabilizarem produtos congelados e, ainda permitem desenvolver produtos de baixas calorias não prejudicando a textura típica de um produto (Heldman, et al., 2011).

A Figura 10 apresenta um rótulo de um bolo com recheio de cacau sem glúten, da marca Continente (Continente, 2017). O glúten designa uma rede que se forma quando se adiciona água à farinha e se procede à amassadura das massas de padaria/pastelaria. O glúten proporciona propriedades funcionais únicas às massas como o seu comportamento viscoelástico e ainda, a retenção das células de gás que se formam durante o seu processo de cozimento das massas. A intolerância ao glúten afeta indivíduos cuja pré-disposição genética marca uma sensibilidade permanente e, provoca uma resposta imunológica pelo organismo que se estabelece como uma doença autoimune, designada por doença celíaca (Anton & Artfiled, 2008). Em produtos comerciais sem glúten, a compensação pela falta desta rede é por vezes feita com a aplicação de determinados hidrocolóides. No rótulo do bolo com recheio de cacau sem glúten (Figura 10), observa-se que são aplicados os hidrocolóides: amido de milho modificado, carragenina, goma de xantana e a hidroxipropilmetilcelulose. Apesar de tradicionalmente, em produtos de pastelaria como bolos, a rede de glúten não ser tão forte como em pães, a aplicação dos hidrocolóides permite proporcionar às massas uma viscosidade que compensa a ausência da rede de glúten.

área vivia
CONTINENTE

BOLO COM RECHEIO DE CACAU
Sem Glúten

PT | BOLO COM RECHEIO DE CACAU SEM GLÚTEN. ESPECIALMENTE DESTINADO AOS CONSUMIDORES COM INTOLERÂNCIA AO GLÚTEN. EMBALADO EM ATMOSFERA PROTETORA.

INGREDIENTES: ÁGUA, AMIDO DE MILHO, CREME DE CACAU, XAROPE DE GLICOSE E FRUTOSE, AÇÚCAR, ÁGUA, CACAU EM PÓ, AMIDO DE MILHO MODIFICADO, GORDURA VEGETAL (PALMA), GLICEROL, PASTA DE AVELÃS, ESPESANTE (CARRAGENINA), EMULSIONANTE (ÉSTERES DE POLIGLICEROL DE ÁCIDOS GORDOS), CONSERVANTE (SORBATO DE POTÁSSIO), ACIDIFICANTE (ÁCIDO CÍTRICO), CORANTE (DIOXÍDO DE TITÂNIO), AROMAS, FARINHA DE ARROZ, MARGARINA (MATERIAS GORDAS VEGETAIS (PALMA, COCO), ÓLEO VEGETAL DE GIRASSOL, ÁGUA, EMULSIONANTE (MONO E DIGLICÉRIDOS DE ÁCIDOS GORDOS), ACIDIFICANTE (ÁCIDO CÍTRICO), CONSERVANTE (SORBATO DE POTÁSSIO), AROMAS, CORANTE (CAROTENOS), AÇÚCAR, OVO LÍQUIDO PASTEURIZADO, AÇÚCAR LÍQUIDO INVERTIDO, LEVEDURA, ESPESANTES (GOMA XANTANA, HIDROXIPROPILMETILCELULOSE), SAL, EMULSIONANTES (MONO E DIGLICÉRIDOS DE ÁCIDOS GORDOS, ESTEARIL-2-LACTILATO DE SÓDIO), CONSERVANTES (PROPIONATO DE SÓDIO, SORBATO DE POTÁSSIO), AROMAS. PODE CONTER VESTÍGIOS DE LEITE E OUTROS FRUTOS DE CASCA RUJA. CONSERVAR EM LOCAL FRESCO E SECO. CONSUMIR DE PREFERÊNCIA ANTES DO FIM/ LOTE: (VER EMBALAGEM)

EN | GLUTEN FREE CAKE WITH COCOA FILLING. SPECIFICALLY FORMULATED FOR PEOPLE INTOLERANT TO GLUTEN. PACKAGED IN A PROTECTIVE ATMOSPHERE

INGREDIENTS: WATER, CORN STARCH, COCOA CREAM (GLUCOSE SYRUP AND FRUCTOSE, SUGAR, WATER, COCOA POWDER, MODIFIED CORN STARCH, VEGETABLE OIL (PALM OIL), GLYCEROL, HAZELNUT PASTE, THICKENER (CARRAGEENAN), EMULSIFIER (ESTERS POLYGLYCEROL FATTY ACID), PRESERVATIVE (POTASSIUM SORBATE), ACID (CITRIC ACID), COLORANT (TITANIUM DIOXIDE), FLAVORINGS, RICE FLOUR, MARGARINE (VEGETABLE FAT (PALM, COCONUT), VEGETABLE SUNFLOWER OIL, WATER, EMULSIFIER (MONO- AND DIGLYCERIDES OF FATTY ACIDS), ACID (CITRIC ACID), PRESERVATIVE (POTASSIUM SORBATE), FLAVOR, COLORANT (CAROTENES), SUGAR, PASTEURIZED LIQUID EGG, INVERTED SUGAR, YEAST, THICKENERS (XANTHAN GUM, HYDROXYPROPYL), SALT, EMULSIFIERS (MONO AND DIGLYCERIDES OF FATTY ACIDS, STEAROYL-2 LACTYLATE OF SODIUM), PRESERVATIVES (SODIUM PROPIONATE, POTASSIUM SORBATE), FLAVOR. MAY CONTAIN TRACES OF MILK AND OTHER NUT. STORE IN A COOL, DRY PLACE.

BEST BEFORE END/ LOT: (SEE PACKAGE)

CONTINENTE

PRODUTO CONTROLADO POR TESTES EM LABORATÓRIO
PRODUCT CONTROLLED BY LABORATORY TESTS

SERVIÇO DE INFORMAÇÃO AO CONSUMIDOR
CONSUMER INFORMATION SERVICE: APARTADO 60111, 2701-997 AMADORA

DISTRIBUÍDO POR/ DISTRIBUTED BY: MODELO CONTINENTE HIPERMERCADOS, S.A.
RUA JOÃO MENDONÇA, 505, 4464-503 SP DA HORA, PORTUGAL

SOGAE

5 601312 069492

ECOPONTO
AMARELO

Peso Líquido/ Net weight:
80ge

DECLARAÇÃO NUTRICIONAL NUTRITION DECLARATION	POR 100g DE PRODUTO/ PER 100g OF PRODUCT	POR PORÇÃO PER PORTION (80g)	%DR/ RI*	DR/ RI*
ENERGIA/ ENERGY	1198kJ 285kcal	958kJ 228kcal	11	8400kJ 2000kcal
LÍPIDOS/ FAT DOS QUAIS/ OF WHICH: SATURADOS/ SATURATES	8,9g 5,6g	7,1g 4,5g	10 22	70g 20g
HIDRATOS DE CARBONO/ CARBOHYDRATE DOS QUAIS/ OF WHICH: AÇÚCARES/SUGARS	47g 16g	38g 13g	14 15	260g 90g
FIBRA/ FIBRE	3,4g	2,7g		
PROTEÍNAS/ PROTEINS	2,9g	2,3g	5	50g
SAL/ SALT	0,65g	0,52g	9	6g

* DOSE DE REFERÊNCIA (DR) - DOSE DE REFERÊNCIA PARA UM ADULTO MÉDIO (8400kJ / 2000kcal) / REFERENCE INTAKE (RI) - REFERENCE INTAKE OF AN AVERAGE ADULT (8400kJ / 2000kcal).
ESTA EMBALAGEM CONTÉM 1 PORÇÃO/ THIS PACKAGE CONTAINS 1 PORTION

POR PORÇÃO DE/ PER PORTION: 80g:

ENERGIA ENERGY 958kJ 228kcal 11% DR/ RI*	LÍPIDOS FAT 7,1g 10% DR/ RI*	SATURADOS SATURATES 4,5g 22% DR/ RI*	AÇÚCARES SUGARS 13g 15% DR/ RI*	SAL SALT 0,52g 9% DR/ RI*
--	---------------------------------------	---	--	------------------------------------

ENERGIA/ ENERGY POR 100g: 1198kJ/ 285kcal

APC
ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE CELACOS

Figura 10. Rótulo de um bolo com recheio de cacau (sem glúten). Destacados a preto, os hidrocolóides presentes na lista de ingredientes. Continente (2017).

Na restauração, a aplicação de hidrocolóides é mais recente do que na indústria alimentar. Apesar de o amido ou a farinha serem utilizados por apresentarem uma funcionalidade semelhante, ou seja, a sua capacidade de formar dispersões e géis viscosos na presença de água, a introdução dos hidrocolóides na restauração foi um processo mais lento. Segundo Harold McGee, "há dez anos atrás, ou talvez um pouco mais do que isso, nenhum cozinheiro de um restaurante sério alguma vez utilizaria esses ingredientes"⁶ (Chang, 2007). Segundo McGee, os hidrocolóides eram considerados “estabilizantes químicos, na sua maioria”. Mais tarde, *chefs* como Ferran Adrià e Heston Blumenthal introduziram os hidrocolóides nas cozinhas dos seus restaurantes, através dos quais foram possíveis novos pratos e aliados a estes, novas técnicas culinárias. Uma das técnicas mais conhecidas do *chef* Ferran Adrià é a esferificação, cuja versão “inversa” é utilizada no trabalho experimental (Chang, 2007).

⁶ Citação original em inglês: “Ten years ago, or maybe a little more than that, no chef in a serious restaurant would be caught dead using these ingredients”

A Figura 11 apresenta um exemplo da utilização de hidrocolóides na restauração. O prato, intitulado de *Breakfast* (pequeno-almoço), incorpora vários hidrocolóides nos seus elementos (Lauren, 2012).

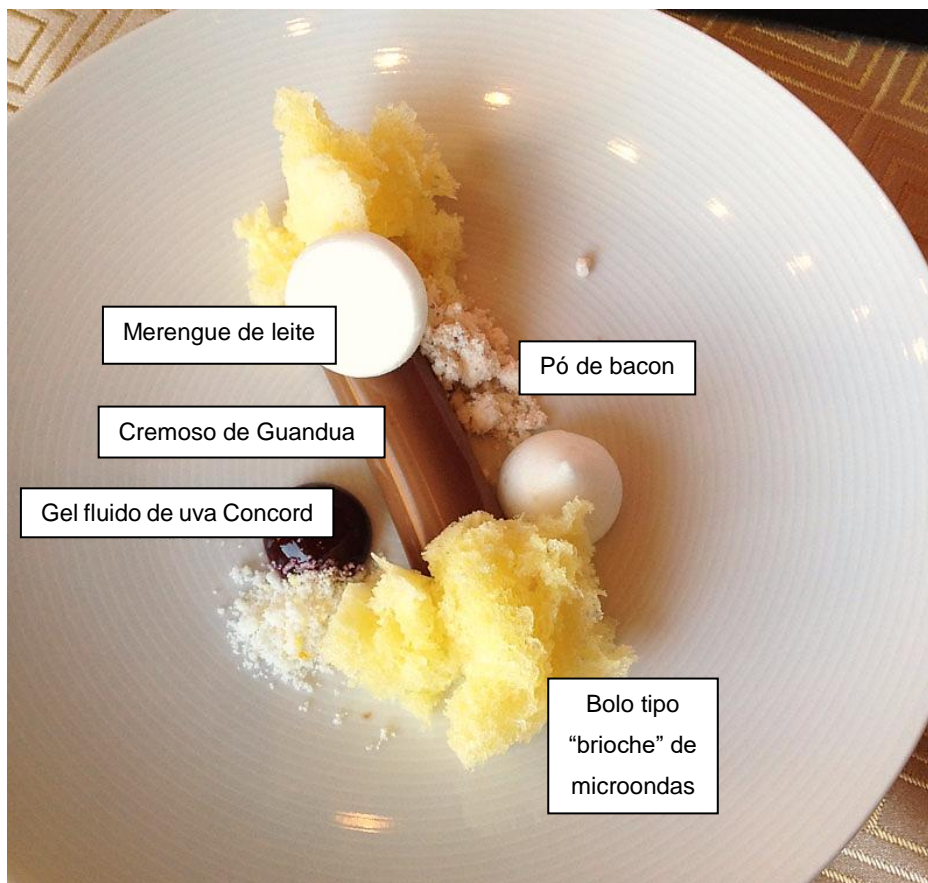


Figura 11. Sobremesa do Chef Jiho Kim intitulada de *Breakfast* (pequeno-almoço). Adaptado de Lauren (2012).

Na receita, os hidrocolóides são incorporados no cremoso de Gianduja (chocolate e avelã), no merengue de leite, no gel fluido de uva Concord, no *sorbet* de leite e no pó de bacon. Quanto ao primeiro elemento, o cremoso de Gianduja, os hidrocolóides utilizados são o agar, a ι-carragenina e a goma de alfarroba. No merengue de leite é novamente utilizada a ι-carragenina e a goma de guar. No gel fluido é incorporado a goma de xantana e o gelano de baixa acetilação. No *sorbet*, voltam-se a repetir a ι-carragenina e a goma de alfarroba. E finalmente no pó de bacon, é aplicada a maltodextrina (Lauren, 2012).

2.3.1.1.1. Introdução em escala e processo legislativo

O uso de hidrocolóides em alimentos tem vindo a evoluir constantemente, mas alguns dos hidrocolóides como a pectina, o agar, o amido e a gelatina, são utilizados desde há alguns séculos (Imeson, 2010). No leste asiático, alguns dos hidrocolóides como o alginato e o agar, são consumidos desde há muito tempo, sendo considerados como produtos básicos na

alimentação. O mesmo acontece com as algas vermelhas. Apesar de o agar ser utilizado no Japão desde há centenas de anos (o isolamento accidental deste hidrocolóide é remetido para o ano 1658 por Tarazaemon Minoya) e o alginato ter sido descoberto há aproximadamente 200 anos, estes hidrocolóides apenas começaram a chegar aos restantes países asiáticos a partir dos séculos XVII e XVIII. Por consequência, a sua chegada à Europa acontece muito mais tarde. Esta introdução “tardia” dos hidrocolóides na Europa tem reflexos na classificação dos mesmos: estes hidrocolóides não fazem parte da alimentação diária neste continente e, como tal, houve a necessidade de os categorizar e organizar. Na Europa, os hidrocolóides são legislados como aditivos, no entanto, estes são considerados ingredientes básicos que aparecem nas receitas de pratos comuns no leste asiático (Phillips & Williams, 2009).

A nível internacional, a responsabilidade da avaliação e classificação dos aditivos alimentares têm sido atribuídas ao Comité Conjunto de Peritos para os Aditivos Alimentares (JECFA - Joint Expert Committee on Food Additives), estabelecido pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO - Food and Agriculture Organisation) e pela Organização Mundial de Saúde (OMS). (ASAE, 2017; Phillips & Williams, 2009) O JECFA é responsável por aconselhar a Comissão do Codex Alimentarius (CAC – Codex Alimentarius Commission)⁷ sobre assuntos relacionados a aditivos alimentares. Posteriormente, foi estabelecido um subcomité encarregue de identificar os aditivos alimentares com urgência prioritária pelo CAC. Este subcomité, Comité do Codex sobre Aditivos Alimentares e Contaminantes de Alimentos (CCFAC – Codex Committee on Food Additives and Contaminants), encaminha a informação sobre os aditivos prioritários para o JECFA que por sua vez realiza a sua própria avaliação dos aditivos e faz a sua recomendação sobre os que devem ser incluídos nos padrões alimentares do Codex (Phillips & Williams, 2009).

Ao nível da União Europeia, os aditivos alimentares são regulados através da legislação da Comissão Europeia. Segundo o regulamento (CE) N.º 1333/2008 relativo aos aditivos alimentares, estes são definidos como “[...] substâncias que não são consumidas habitualmente como géneros alimentícios em si mesmas, mas que são intencionalmente adicionadas aos géneros alimentícios para atingir determinado objetivo tecnológico descrito no presente regulamento, como, por exemplo, a conservação dos géneros alimentícios.” (Comissão Europeia, 2008) De acordo com este regulamento, os aditivos alimentares são divididos nas seguintes classes funcionais: edulcorantes; corantes; conservantes; antioxidantes; agentes de transporte; acidificantes; reguladores de acidez; antiaglomerantes; antiespumantes; agentes de volume; emulsionantes; sais de fusão; agentes de endurecimento; intensificadores de sabor; espumantes; gelificantes; agentes de revestimento; humidificantes; amidos modificados; gases de embalagem; propulsores; levedantes químicos; sequestrantes; estabilizadores, espessantes e agentes de tratamento de farinha (Comissão Europeia, 2008).

⁷ Comissão do Codex Alimentarius é um órgão intergovernamental internacional, criado na década de 1960, com o objetivo de proteger a saúde do consumidor e facilitar o comércio internacional de produtos alimentares. Phillips & Williams (2009).

2.3.1.1.2. Classificação e numeração dos aditivos alimentares

O sistema de numeração internacional para aditivos alimentares (INS - International Numbering System) foi preparado pelo Comité do Codex sobre Aditivos Alimentares e Contaminantes de Alimentos (CCFAC), a fim de identificar os aditivos alimentares aprovados para uso nos países membros, nas listas de ingredientes, como alternativa à declaração do nome específico. O sistema de numeração dos aditivos na União Europeia baseia-se no sistema INS. A característica que distingue estes dois sistemas de numeração é a adição da letra “E” antes do número associado ao aditivo, no sistema de numeração da União Europeia (Codex Alimentarius, 2017).

2.3.2. Propriedades Funcionais dos hidrocolóides

São muitos os alimentos processados que contêm na sua lista de ingredientes um ou mais hidrocolóides. De facto, os hidrocolóides apresentam uma ampla gama de propriedades funcionais nos alimentos, entre as quais se destacam: o espessamento, a gelificação, a emulsificação, a estabilização e a aplicação de revestimentos (*coatings*). A principal justificação para a aplicação de hidrocolóides nos alimentos é sua capacidade de modificar a reologia dos sistemas alimentares. Para tal, os hidrocolóides atuam ao nível de duas propriedades básicas dos sistemas alimentares: o comportamento de escoamento (viscosidade) e as propriedades sólidas mecânicas (textura). A modificação da textura e/ou viscosidade dos sistemas alimentares ajuda a modificar as suas propriedades sensoriais (Milani & Maleki, 2012).

2.3.2.1. Espessantes

Os espessantes, enquanto aditivos alimentares, são definidos pela Comissão Europeia como: “substâncias que aumentam a viscosidade dos géneros alimentícios” (Comissão Europeia, 2008). Os hidrocolóides são frequentemente aplicados no espessamento de sistemas alimentares. Este ocorre quando a quantidade de hidrocolóides aplicada atinge uma determinada concentração. Sendo que as moléculas dos hidrocolóides são longas cadeias poliméricas, quando estes são aplicados acima de uma determinada concentração, inicia-se um emaranhamento das suas moléculas, que confere propriedades únicas aos sistemas em causa. A concentração necessária para que este processo ocorra é designada por *overlap concentration* (C^*). Abaixo desta concentração, as misturas com os polímeros dispersos apresentam um comportamento Newtoniano, ou seja, a viscosidade do líquido (no qual os hidrocolóides se encontram dispersos) não se altera com a taxa de deformação aplicada sobre o mesmo. Acima destes valores apresentam um comportamento não-Newtoniano. Tal se explica pelo facto de, quando a concentração de hidrocolóide é baixa, as moléculas individuais deste poderem mover-se livremente e, portanto, o espessamento é pouco ou inexistente. Mas, em sistemas alimentares com concentração de hidrocolóides acima de C^* , estas moléculas aproximam-se, e formam ligações fracas umas com as outras, visto que o seu movimento é limitado. É, assim, através da

transição das moléculas que previamente se podiam movimentar livremente, para uma rede emaranhada, que se inicia o espessamento do sistema alimentar (Imeson, 2010).

A concentração do hidrocolóide nos sistemas alimentares tem uma importância fundamental, mas há outros aspetos igualmente importantes para o seu comportamento enquanto espessantes, nomeadamente: tipo de hidrocolóide utilizado, tipo de sistema alimentar e o seu pH e temperatura. Por exemplo, o *ketchup* é um dos alimentos mais comuns onde os hidrocolóides (e.g. goma de xantana) são usados para influenciar a sua viscosidade (Milani & Maleki, 2012).

Uma vantagem do aumento da viscosidade nos sistemas alimentares é a possibilidade de reduzir o seu teor de gorduras. O aumento da concentração do hidrocolóide no alimento, conduz ao aumento da viscosidade, originando propriedades semelhantes aos alimentos que contêm gordura. Um exemplo deste tipo de aplicação são os molhos para saladas. Noutros casos, em que o objetivo não é reduzir a quantidade de gorduras, o espessamento simplesmente adiciona corpo, textura e sabor ao alimento (Imeson, 2010).

2.3.2.2. Gelificantes

Segundo a Comissão Europeia, gelificantes são: “substâncias que dão textura aos géneros alimentícios através da formação de um gel” (Comissão Europeia, 2008).

A aplicação dos hidrocolóides nos sistemas alimentares com o objetivo de transformar ou criar alimentos gelificados, visa obter texturas, relativamente firmes, mas macias e atraentes. A formação dos géis e as suas características dependem essencialmente do tipo de hidrocolóide aplicado, do sistema alimentar em que é aplicado, do mecanismo de formação da rede e do método de processamento.

O mecanismo de gelificação envolve a formação de uma rede tridimensional, obtida através do entrelaçamento e reticulação (*crosslinking*) das cadeias de polímeros. Neste caso, as ligações entre as cadeias são mais extensas e fortes do que quando ocorre um simples espessamento das soluções. A gelificação que ocorre nos sistemas alimentares envolve a agregação de determinadas zonas das cadeias poliméricas – zonas de junção – através de ligações de hidrogénio, iónicas ou covalentes. As características de um gel dependem em larga escala das características da rede tridimensional que se forma. Os principais parâmetros que condicionam a formação de géis são a temperatura, a presença de iões e a estrutura intrínseca do hidrocolóide (Milani & Maleki, 2012). Os géis de hidrocolóides podem, portanto, ser considerados “géis físicos” porque as zonas de junção são formadas através de interação física, em oposição aos géis de polímeros sintéticos que normalmente apresentam uma reticulação covalente entre as cadeias dos polímeros (Phillips & Williams, 2009).

Os géis de alimentos são considerados uma rede contínua de partículas interligadas ou macromoléculas variadas dispersas numa fase líquida contínua (a rede tridimensional aprisiona

ou imobiliza a água no seu interior para formar uma estrutura rígida) (Banerjee & Bhattacharya, 2011).

Exemplos de alimentos gelificados são as sobremesas à base de produtos lácteos que podem incorporar quantidades baixas de carragenina e ainda assim, formar géis firmes. Outros agentes gelificantes clássicos são a pectina, a gelatina e o agar (Imeson, 2010).

2.3.3. Hidrocolóides utilizados na componente prática do trabalho

2.3.3.1. Alginato

O alginato é um biopolímero biodegradável, biocompatível, de baixos custos de produção e não imunogénico (não provoca alterações no sistema imunitário) (Tsai et al., 2017). O alginato é obtido a partir das algas castanhas (macroalgas) *Phaeophyceae*, incluindo *Laminaria hyperborea*, *L. digitata*, *L. japonica*, *Ascophyllum nodosum* e *Macrocystis pyrifera* (Leea & Mooneya, 2012). O alginato encontra-se nas paredes celulares e nos espaços intercelulares deste tipo de algas e confere-lhes flexibilidade para uma melhor adaptação às condições adversas do seu habitat natural, o mar (Wüstenberg, 2015). As características do alginato dependem do tipo de algas, da parte da alga da qual este é retirado e do ambiente em que se encontram. Por exemplo, geralmente, *L. hyperborea* apresenta um alto teor de ácido α -L-gulurónico (blocos G) e os seus alginatos produzem géis fortes, já as espécies *A. nodosum*, *L. japonica* e *M. pyrifera* são caracterizados por um baixo teor de blocos G que produzem géis de baixa resistência (Phillips & Williams, 2009).

O ácido algínico, intermediário (insolúvel) na produção comercial de alginatos, é extraído diretamente das algas castanhas através de tratamentos com soluções alcalinas, nomeadamente soluções de NaOH (hidróxido de sódio). A concentração de ácido algínico nestas algas ronda 15 a 40% da matéria seca. Após a extração, o ácido algínico é purificado por filtração e tratado com cloreto de sódio ou cloreto de cálcio, o que provoca a sua precipitação sob a forma de sal. Posteriormente, o ácido algínico parcialmente solúvel, é convertido em produtos de alginato solúveis em água (uma exceção é o alginato de cálcio) por neutralização com soluções alcalinas e incorporação de diferentes sais inorgânicos (Phillips & Williams, 2009).

2.3.3.1.1. Estrutura química

O alginato é composto por dois monómeros, o ácido D-manurónico (M) e o ácido L-gulurónico (G) (Figura 12). Estes podem aparecer em sequências de monómeros idênticos (...MMMM...ou ...GGGG...), referidas como blocos “M” ou blocos “G” ou numa sequência alternada em blocos “MG” (International Specialty Products, 2007). Dependendo do tipo de algas, o ácido algínico pode ser composto por ácido manurónico e ácido gulurónico em proporções de M: G = 0,4-1,9: 1 (Wüstenberg, 2015). Quanto à “flexibilidade” dos blocos nas cadeias, a sequência “MG” possui a conformação mais flexível e “GG”, a mais rígida (Imeson, 2010).

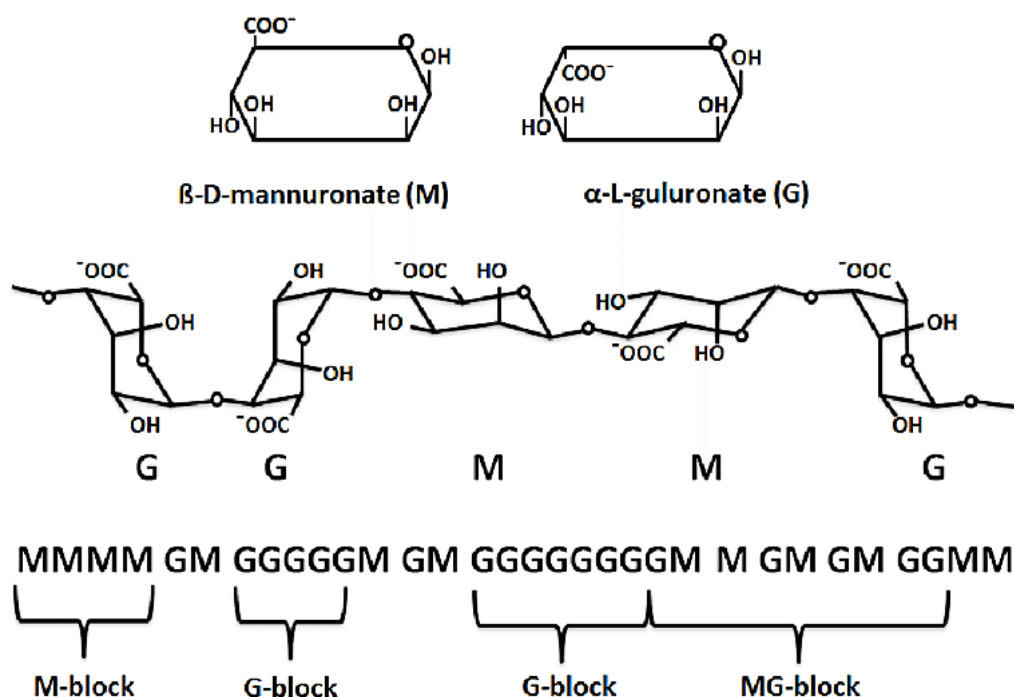


Figura 12. Características estruturais do alginato: monómeros do alginato, conformação, distribuição dos blocos (do topo para a base). Phillips & Williams (2009).

2.3.3.1.2. Propriedades reológicas e fatores condicionantes

O alginato proporciona uma combinação única de propriedades, incluindo a solubilidade a frio, formação de géis a frio, géis termorresistentes e géis estáveis ao congelamento / descongelamento, o que permite utilizá-lo para espessar, estabilizar, gelificar e para a formação de películas.

Uma das propriedades do alginato é o aumento da viscosidade de soluções, quando hidratado nestas, e a formação de géis, quando adicionada uma fonte de cálcio. O aumento da viscosidade é por vezes confundido com a gelificação. Um gel muito fraco pode aparentar ser uma solução espessa e o espessamento pode muitas vezes ser o resultado de um *crosslinking* limitado de alginato com o cálcio.

Quando o objetivo é aumentar a viscosidade de um dado produto, é por vezes utilizado um alginato com uma quantidade alta de ácido manurónico. Este tipo de alginato evita que haja uma interação forte com o cálcio que possa estar presente nos ingredientes de um dado produto, e desta forma, evita-se que ocorra uma gelificação (e.g. molho de queijo para massas) (Imeson, 2010).

O alginato também pode ser aplicado com o objetivo de estabilizar produtos alimentares, como determinadas emulsões (e.g. molhos para saladas) O alginato atua como um estabilizante para

evitar a separação de fases, através do aumento da viscosidade da fase aquosa que reduz a coalescência das partículas.

Uma das primeiras aplicações do alginato na indústria alimentar foi num produto congelado: o gelado. A adição de alginato reduz o tamanho dos cristais de gelo e fornece ao gelado uma textura suave. O alginato evita a sinérese e atrasa o derretimento do gelado (Imeson, 2010).

As propriedades reológicas podem ser influenciadas por uma serie de fatores. Por exemplo, na preparação da solução à qual se adiciona alginato, deve-se tomar atenção quanto ao tamanho das partículas do pó do alginato. Quanto maior for o seu tamanho, maior será a dificuldade em dissolver estas partículas na solução, podendo comprometer a eficácia da ação do alginato. Além do tamanho das partículas, existem igualmente outros fatores que podem comprometer a ação do alginato enquanto agente de textura: os níveis iónicos do teor de matéria seca (e.g. dureza da água), a temperatura do meio de dissolução, a adição de outros sais, níveis elevados de açúcares ou álcoois e a introdução de iões de cálcio (provocam um aumento acentuado da viscosidade da solução devido ao *crosslinking* não permanente) (Imeson, 2010).

2.3.3.1.3. Formação de géis e fatores condicionantes

O alginato apresenta a capacidade de formação de géis com variados ácidos e catiões divalentes, excepto o magnésio. No entanto, na área alimentar, o catião mais frequentemente utilizado é o cálcio.

O processo de gelificação (formação de géis) ocorre quando os blocos “M” se ligam aos catiões de cálcio, formando alginato de cálcio, um gel tridimensional conhecido como tendo uma estrutura “em caixa de ovo” (*egg box structure*) (Figura 13). Quando a fonte de cálcio é adicionada à solução com alginato, um bloco “G” liga-se a outro bloco “G” formando a zona de junção da rede do gel. Os catiões divalentes ligam-se unicamente aos blocos G, uma vez que a estrutura dos blocos de ácido gulurónico permitem um elevado grau de coordenação dos iões divalentes. (Leea & Mooneya, 2012) Os blocos “M” e os blocos “MG” não participam nas zonas de junção, mas formam os chamados segmentos elásticos na rede de gel. A “estabilidade” da estrutura “caixa de ovo” pode ser explicada pelas interações que se estabelecem como os “potenciais Lennard-Jones, as forças de Van der Waals e as interações eletrostáticas” (Imeson, 2010).

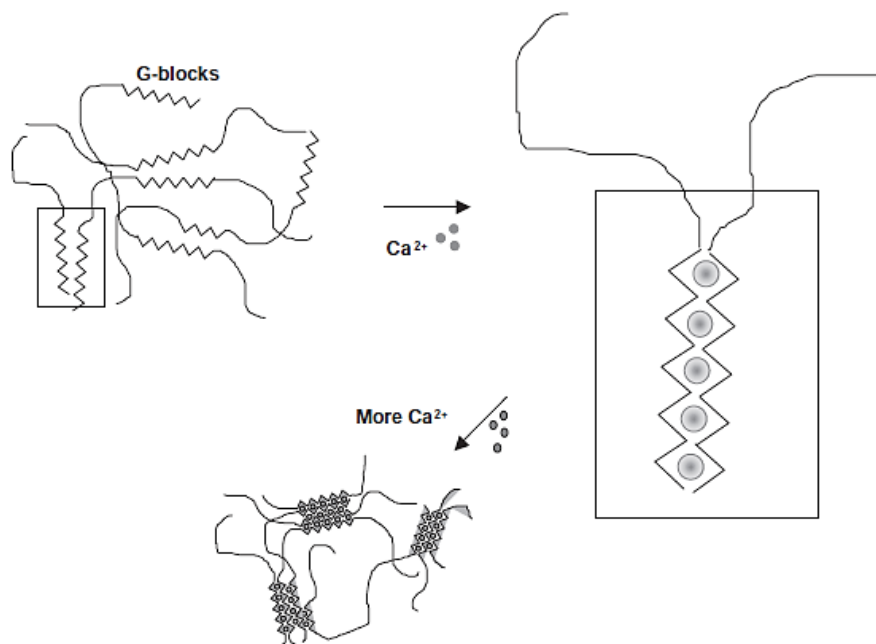


Figura 13. Estrutura caixa de ovo (egg box structure). Imeson (2010).

A capacidade de formação de gel e a força do gel estão diretamente relacionados com o número e comprimento das zonas de junção. Maior a quantidade de bloco “G”, mais zonas de junção se formarão. Comprimentos mais longos dos blocos “G”, alginatos mais reativos ao cálcio. Ambas estas características aumentam o potencial de formação de géis mais fortes, ou seja, com menos probabilidade de sinérese (i.e., saída de água que se encontrava aprisionada no gel por pontes de hidrogénio. Esta água é libertada quando alguma condição de instabilidade do gel se verifica.

Outros factores que influenciam a estabilidade dos géis de alginato são: a velocidade de gelificação (uma velocidade de gelificação mais lenta produz géis mais estáveis); e a temperatura de gelificação (a temperaturas baixas, a reatividade dos agentes de *crosslinking* iónicos (e.g. Ca^{2+}) é reduzida e o *crosslinking* torna-se mais lento (Leea & Mooneya, 2012).

A formação de géis em soluções com alginato pode ocorrer através de três diferentes mecanismos: gelificação por difusão, gelificação interna e gelificação por refrigeração.

2.3.3.1.3.1. Gelificação por difusão

No mecanismo de gelificação por difusão, um alimento a que tenha sido previamente adicionado alginato, é colocado em contacto com uma solução com iões de cálcio dissolvidos. O processo de gelificação inicia-se na superfície do alimento e forma-se um revestimento que é frequentemente utilizada como proteção do alimento (e.g. anéis de cebola). Outra forma de promover as reações que se iniciam quando os iões de cálcio se ligam ao alginato é através da pulverização do alimento com uma solução contendo iões cálcio (Imeson, 2010).

2.3.3.1.3.2. Gelificação interna

No mecanismo de gelificação interna, o cálcio é liberado homoganeamente dentro do produto alimentar, sob condições controladas. Neste tipo de gelificação pretende-se uma libertação de cálcio não-imediata. Para que tal seja possível, utiliza-se um quelante⁸ como fosfato ou citrato, e uma fonte de cálcio de solubilidade progressiva. Este tipo de gelificação permite controlar o processo de formação do gel, através da quantidade de quelante utilizada: maiores concentrações permitem um atraso no processo de gelificação (Imeson, 2010).

2.3.3.1.3.3. Gelificação por refrigeração

No mecanismo de gelificação por refrigeração, o alginato, a fonte de cálcio e um quelante são dissolvidos num líquido quente. A temperatura alta do líquido no qual estão dissolvidos, evita o início da gelificação porque as cadeias de alginato estão em movimento térmico, não estabelecendo as ligações com o cálcio. A formação do gel inicia-se quando a temperatura do líquido começa a baixar. Esta técnica de gelificação apresenta principalmente duas vantagens: os géis mostram menos sinérese do que os géis obtidos por gelificação por difusão ou por gelificação interna, devido ao facto de o cálcio estar completamente disponível para todos os monómeros (Imeson, 2010; International Specialty Products, 2007).

2.3.3.1.4. Sinergias

A sinergia entre o alginato e a pectina é uma das poucas interações entre o alginato e outros hidrocolóides, explorada comercialmente. As pectinas de alto grau de metoxilação requerem uma quantidade significativa de açúcar para formar géis, a níveis limitados de pH, enquanto que as pectinas de baixo grau de metoxilação requerem menos açúcar e formam géis com catiões divalentes, como o cálcio. Ao introduzir alginato de sódio é possível formar géis de alginato com pectinas de alto grau de metoxilação, com baixos níveis de açúcar e numa faixa de pH mais ampla. Frutas naturalmente ricas em pectina, como maçãs, podem formar géis, quando uma solução de alginato de sódio é adicionada, após estas serem cozidas. Desta forma, podem-se formar géis firmes ao combinar pectinas de alto grau de metoxilação e uma solução de alginato de sódio, com alto teor de ácido gulurónico. Outra vantagem desta sinergia estabelecida é a formação de géis termoreversíveis, que contrastam com os géis alginato-cálcio que são estáveis ao calor (Imeson, 2010).

⁸ Quelante (=sequestrante): substância com a capacidade de fixar iões metálicos, formando um complexo (quelato), que contribui para a estabilidade da cor, aroma e textura nos produtos alimentares. (Belitz, Schieberle, & Grosch, 2009)

2.3.3.1.5. Legislação

Em relação à legislação em vigor dos géneros alimentícios nos Estados Unidos, os sais de ácido algínico de sódio, potássio e cálcio, entre outros, encontram-se listados no US Food Chemicals Codex (FCC)⁹ e são igualmente designados como GRAS (*Generally Recognized as Safe*). Quanto à legislação praticada na Europa, os mesmos sais encontram-se listados como aditivos alimentares, designados por “números E” do E400 ao E405. Estes sais também se encontram listados como aditivos alimentares pelo Comité de Peritos Conjuntos FAO/OMS (Imeson, 2010).

2.3.3.1.6. Usos e Aplicações

Em preparações alimentares (Tabela 3), o alginato é incorporado em pó, em soluções aquosas ou suspenso em solventes hidrofóbicos, como óleos. Após a adição do alginato em sistemas aquosos, é necessário dispersar e dissolver as suas partículas no sistema em questão. Nesta etapa, são utilizados equipamentos ou utensílios (e.g. varinha mágica e varas) que permitam a sua dissolução (Imeson, 2010).

A maioria das aplicações do alginato, na área alimentar, baseia-se nas suas propriedades físicas, mas também nas interações do alginato com outros componentes do produto alimentar, como proteínas ou fibras. Tal como referido anteriormente, o alginato apresenta as propriedades de aumentar a viscosidade de um produto, de formação de géis, de estabilização de soluções aquosas, dispersões e emulsões de forma genérica (Phillips & Williams, 2009).

Quando utilizado entre 0,25-0,5%, o alginato melhora e estabiliza a consistência de recheios de produtos de padaria e pastelaria (bolos, tortas), molhos para saladas e chocolates de leite e evita a formação de cristais de gelo maiores em gelados durante o armazenamento (Belitz et al., 2009).

Na indústria alimentar, os alginatos são aplicados em produtos dietéticos e *light*, produtos de pastelaria/padaria (bolos/pães), alimentos congelados, maionese, molhos para saladas, géis de sobremesas, gelados, mousses, espumas, sumos frescos, queijos processados, carne e legumes enlatados e sopas (Wüstenberg, 2015).

⁹ United States Food Chemicals Codex (FCC) é uma entidade governamental dos Estados Unidos que regula a aplicação dos hidrocolóides neste país. A FCC pertence ao Food and Nutrition Board do Instituto de Medicina que é patrocinada pela Food and Drug Administration (FDA) Phillips & Williams (2009).

Tabela 3. Aplicação do alginato na área alimentar: tipo de aplicação, exemplos, características e vantagens. Adaptado de Phillips & Williams (2009); Imeson (2010); Wüstenberg (2015).

Tipo de aplicação na área alimentar	Exemplos	Características e vantagens
Alimentos reestruturados	Produtos à base de carne; anéis de cebola, azeitonas recheadas com pimento;	O produto é reestruturado após sofrer alguma modificação (e.g. floculação, seccionamento, fragmentação). O objetivo é torna-lo semelhante ao original. A principal vantagem é a utilização de matéria-prima barata ou a facilidade de processamento.
Alimentos com alginato/pectina	Marmeladas; geleias; recheios de produtos de pastelaria/padaria com recheios de fruta	Os géis obtidos são quase independentes do teor de açúcares, em contraste com os géis apenas de pectina, podendo ser aplicados em produtos rotulados como "light".
Recheios de doces/salgados	Tartes com recheio; pastéis de nata; rissóis; croquetes	O alginato, o quelante e o cálcio são adicionados aos típicos ingredientes dos recheios. Ocorre uma gelificação interna e após o produto doce/salgado ser cozido, o recheio permanece estável por se tratar de um gel termorresistente.
Géis, mousses/espumas	Produtos instantâneos (e.g. gel de morango, mousse de chocolate)	O produto é apresentado como uma mistura em pó com incorporação do alginato, do cálcio e do quelante. Nos géis, o cálcio e outros iões presentes na água da torneira (água dura) podem causar uma gelificação prematura. Nas mousses/espumas, o alginato é adicionado para estabilizar a espuma batida (há incorporação de ar).

2.3.3.1.6.1. Encapsulação de microesferas por esferificação inversa

A encapsulação de produtos alimentares, em microesferas, não é uma técnica de aplicação recente na indústria alimentar, no entanto, a técnica aplicada em restaurantes está associada à introdução da técnica de esferificação por Ferran Adrià em 2003, no seu restaurante "El Bulli".

A técnica de esferificação pode ser dividida em dois tipos: esferificação básica e esférica inversa (Figura 14). A esferificação básica refere-se ao método em que a solução de alginato é injetada na solução de cálcio. Nesta técnica, os iões de cálcio penetram na microesfera de alginato. Na esferificação inversa, a solução de cálcio é deixada cair na solução de alginato (Tsai, Chiang, Kitamura, Kokawa, & Islam, 2017). Ao contrário do que acontece na esferificação directa, em que a gelificação iónica ocorre da superfície para dentro da microesfera com a formação de um hidrogel sólido, a esferificação inversa resulta em microesferas com um núcleo líquido. Esta é uma consequência da difusão de iões de cálcio para a periferia externa da microesfera, que resulta numa ligação de *crosslinking* entre os iões de cálcio e as cadeias do polímero de alginato, na membrana externa da microesfera (Kurozawa & Hubinger, 2017). O processo de gelificação continua até que os iões de cálcio livres fiquem esgotados. No final do processo, a microesfera de líquido inicial é envolvida por uma membrana de cálcio-alginato semipermeável (Leong, et al., 2016).

As microesferas formadas tendem a adquirir uma forma esférica devido, quando entram em contato com a superfície do líquido gelificante, devido à tensão superficial do mesmo (Mishra, 2016). Se as microesferas não adquirirem a forma esféricas, pode-se aplicar duas soluções: 1) Aumentar a viscosidade microesferas, 2) Reduzir a tensão superficial da solução de alginato. Alguns espessantes, como carboximetilcelulose, hidroxipropilmetilcelulose, polietilenoglicol, colagénio, maltodextrina, amido, goma de xantana e sacarose, podem ser adicionados à solução aquosa que contém os iões de cálcio para aumentar a sua viscosidade (Leong, et al., 2016).

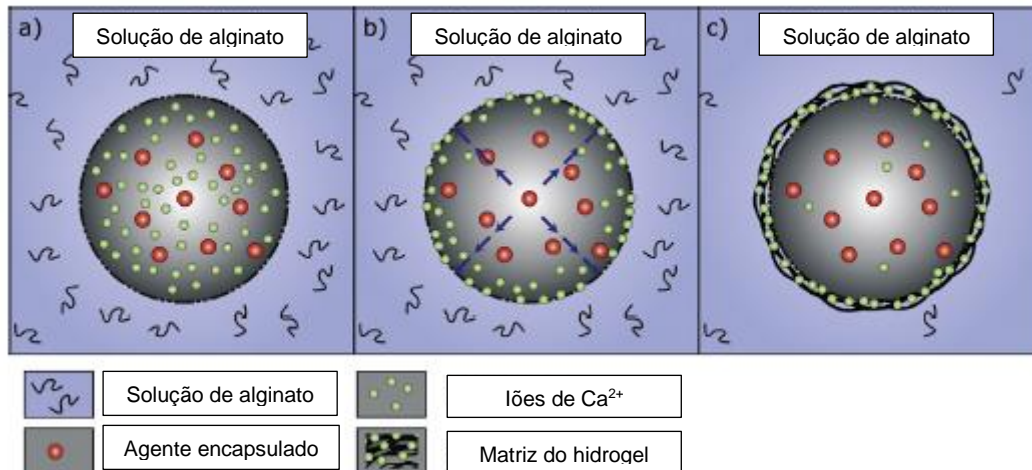


Figura 14. Mecanismo de esferificação inversa para a formação de microesferas com núcleo líquido: (a) gotículas contendo íons de cálcio em contato com solução de alginato, (b) difusão externa de cálcio, e (c) gelificação na interface da membrana. Adaptado de Leong, et al. (2016).

2.3.3.1.6.2. Esferificação inversa aplicada em restauração

“Enquanto que há um século, o principal agente gelificante nas cozinhas ocidentais era a gelatina derivada do colagénio animal, os chefs atuais usam de forma rotineira agentes gelificantes derivados de uma variedade diversificada de organismos que permitem o controlo de textura e propriedades em novos regimes [alimentares]”

(Brenner & Sorensen, 2015)

Do ponto de vista culinário a técnica da esferificação inversa representa um avanço nas preparações líquidas, ao permitir a seu aprisionamento em membranas, criando novas texturas.

A esferificação inversa surge em 2005, por autoria de Ferran Adrià e da sua equipa do restaurante el Bulli. A esferificação inversa não representa um tipo de confecção ou um prato. A sua aplicação deve ser considerada uma nova técnica culinária que pode conferir vantagens no desenvolvimento de novos pratos.



Figura 15. Mexilhão encapsulado por esferificação inversa. Gibbs & Myhrvold (2011).

Desde o legendário falso caviar de Adrià, outros *chefs* têm aplicado a técnica da esferificação inversa na obtenção de pratos inovadores. É o caso da encapsulação de mexilhões no seu próprio líquido (Figura 15), da autoria na equipa do Modernist Cuisine (Gibbs & Myhrvold, 2011).

No prato representado na Figura 16, um clássico é modificado. Trata-se no molho *Béarnaise*, um molho base da cozinha Europeia, elaborado com manteiga clarificada emulsionada com gemas de ovo e vinagre branco aromatizado com ervas aromáticas. Neste prato, o molho é aprisionado numa membrana de alginato que é posteriormente passada por farinha, depois por ovo batido e finalmente por panko (pão ralado japonês). Estes ingredientes formam uma camada exterior que protege o conteúdo líquido quando a esfera é frita em óleo (Sperling, 2008).



Figura 16. Prato elaborado pelos Chefs Brian McCracken e Dana Tough, no restaurante Spur – Seattle. Prato intitulado de Deep-Fried Béarnaise. Sperling (2008).

No prato representado na Figura 17, a técnica da esferificação inversa foi aplicada na preparação de uma infusão líquida de parmesão. As esferificações inversas de parmesão permitem a separação de um outro líquido utilizado no prato, um caldo de cogumelos. Segundo o autor do prato, a aplicação desta técnica permite provar os dois tipos de líquidos presentes no prato, sem que o sabor de um interfira na prova do outro (Molecular Recipes, 2014).



Figura 17. Prato elaborado pelo Chef Jordi Cruz, intitulado de “Liquid Parmesan Gnocchi and Mushroom Infusion”. *Molecular recipes* (2014).

2.3.3.2. Goma de xantana

A goma de xantana é um polissacarídeo produzido pela *Xanthomonas spp.* como *X. campestris*, *X. pelargonii*, *X. phaseoli* e *X. malvacearum*, durante a fermentação aeróbica (Krishna Leela & Sharma, 2000). A sua importância a nível industrial enquanto biopolímero, tem levado ao aumento da sua produção para fins comerciais (García-Ochoa, Santos, Casas, & Gómez, 2000). A produção da goma xantana é principalmente destinada aos seguintes setores: cosmético, farmacêutico, têxtil, petrolífero e, particularmente, o sector alimentar. A procura e produção da goma de xantana por *X. campestris* tem aumentado progressivamente a uma taxa anual de 5-10% (Kongruang, Thakonthawat, & Promtu, 2005).

2.3.3.2.1. Estrutura química

A goma de xantana é um heteropolissacarídeo cuja estrutura química (Figura 18) consiste numa cadeia de $\beta - (1 \rightarrow 4) - D - \text{glucopiranosose}$ com ramificações em carbonos alterados de $(3 \rightarrow 1) - \alpha - D - \text{manopiranosose} - (2 \rightarrow 1) - \beta - D - \text{ácido glucurónico} - (4 \rightarrow 1) - \beta - D - \text{manopiranosose}$.

Dependendo de uma variedade de fatores do processo de produção, pode ocorrer uma variação na proporção das unidades acima referidas e possíveis adições de outros componentes, por

exemplo, cerca de 40% dos resíduos de manose terminais estão ligados a uma molécula de ácido pirúvico pelas posições 4 e 6 e a manose ligada à cadeia está frequentemente acetilada na posição 6 (Lakkis, 2007).

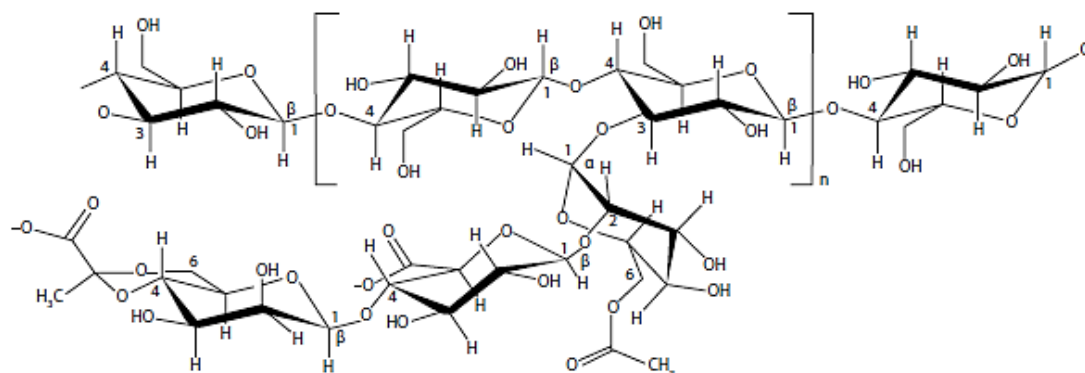


Figura 18. Estrutura química da goma de xantana. Mishra (2016).

2.3.3.2.2. Propriedades reológicas e fatores condicionantes

A goma de xantana apresenta notáveis vantagens nas propriedades reológicas dos produtos alimentares. A goma de xantana permite conferir-lhes um comportamento reofluidificante (diminuição da viscosidade com o aumento velocidade de deformação), uma alta viscosidade mesmo a baixas concentrações, compatibilidade com a maioria dos sais (quando adicionados ou pré-existentes nos produtos alimentares), excelente solubilidade e estabilidade em ácidos e soluções alcalinas e resistência à degradação a vários níveis de pH e altas temperaturas (Kano & Pettitt, 1993).

O cloreto de sódio (NaCl) pode desempenhar ações opostas quando adicionado às soluções de goma de xantana e, desta forma, conduzir à alteração das propriedades reológicas destas soluções. Quando adicionado na água, em concentrações superiores a 1 – 2 % (p / v), antes da hidratação da goma de xantana, este pode provocar um retardamento desta mesma hidratação. Após a hidratação, a goma de xantana adquire uma tolerância alta ao sal, sendo possível adicionar-se até 20 – 30 % de sal, sem afetar adversamente a viscosidade da solução (Milas, et al., 1985).

A viscosidade das soluções com goma de xantana é igualmente influenciada pela temperatura. As soluções de goma de xantana obtidas por dissolução à temperatura ambiente, tendem a ser mais viscosas. A temperatura de dissolução afeta a viscosidade da solução através da sua influência na conformação molecular e no aparecimento de estruturas ordenadas (García-Ochoa, et al, 2000). Dependendo da temperatura de dissolução, a molécula de goma de xantana adquire duas conformações: em forma hélice ou sem forma específica, constituindo-se num enrolamento aleatório de polímeros.

2.3.3.2.3. Sinergias

Uma das propriedades mais importantes da goma xantana é a sua interação, (i.e., sinergia) com galactomananas como a goma de alfarroba e goma de guar. A adição de goma de guar a soluções de xantana provoca um aumento da viscosidade, enquanto que a adição de goma de alfarroba produz géis suaves e termorreversíveis, com cariz elástico (Phillips & Williams, 2009; Mishra, 2016).

A goma de xantana apresenta igualmente uma sinergia com o amido. Apesar de não afetar significativamente a sua gelatinização, pode inibir a retrogradação, tornando as soluções de amido mais estáveis. A goma de xantana também permite melhorar a estabilidade de congelamento/descongelamento de soluções com amido, controlando a sinérese (Norton et al., 2011).

2.3.3.2.4. Legislação

A goma de xantana é classificada como uma substância não-tóxica e não exibe crescimento microbiano. A sua utilização na indústria alimentar foi aprovada pela FDA (Food and Drug Administration), sem especificação de quantidades máximas de aplicação. Em 1980, a União Europeia, aprovou a classificação da goma xantana com um aditivo alimentar, listado como “E-415” (García-Ochoa et al., 2000).

A toxicidade da goma xantana foi avaliada em estudos com animais. Determinou-se que até 20g de goma xantana, por kilo de peso corporal, a ingestão da mesma não apresenta efeitos nocivos ou tóxicos para o organismo humano (Freitas et al., 2015).

2.3.3.2.5. Usos e aplicações

Devido às propriedades reológicas da goma de xantana, a sua utilização é muito versátil e é aplicada em diversas indústrias. No entanto, a sua principal aplicação é na indústria alimentar, como agente emulsionante e/ ou espessante numa variedade de produtos tais como sumos, polpas de fruta, bebidas em pó, chocolates, sobremesas, geleias, produtos lácteos, margarinas, iogurtes, produtos de pastelaria, alimentos congelados e molhos (Lopes, Lessa, Silva, Filho, & Lacerda, 2015). Os produtos industriais, aos quais lhes é adicionada goma de xantana, devem satisfazer aos critérios de formulação tais como suspensão a longo prazo e estabilidade da emulsão em solução alcalina, ácida e/ou salina, resistência à temperatura e comportamento reofluidificante (Palaniraj & Jayaraman, 2011).

Em produtos de panificação/pastelaria, a goma de xantana é utilizada para aumentar a ligação da água aos restantes ingredientes, durante o processo de cozimento das massas e prolonga a vida útil dos produtos durante o seu armazenamento. Em produtos que são cozidos por processos menos longos, a goma de xantana pode ser aplicada como substituto do ovo, em particular o conteúdo de clara de ovo pode ser reduzido sem afetar a aparência e o sabor dos

produtos. A goma de xantana também contribui para a suavidade, incorporação e retenção de gás nas massas de bolos, biscoitos e pães, além de ser adicionada em produtos com baixas calorias e pães sem glúten por promover uma melhoria do volume e textura destas massas (Palaniraj & Jayaraman, 2011).

2.3.3.3. Goma de alfarroba

A goma de alfarroba é uma mucilagem produzida a partir do endosperma da semente de alfarrobeira, *Ceratonia siliqua*, planta da família das leguminosas. A goma de alfarroba é obtida por moagem das sementes. As alfarrobeiras crescem na zona mediterrânica e na Califórnia (EUA). Os frutos das árvores, também designados de vagens, demoram entre 8 a 10 anos a se desenvolverem e apenas 8 a 15% do peso dos frutos é referente às sementes. Após a remoção das sementes dos frutos, a parte que sobra, a polpa, é transformada em farinha de alfarroba e é destinada maioritariamente à alimentação animal. No entanto, a polpa torrada pode ser utilizada como substituinte do cacau, em preparações culinárias (Wüstenberg, 2015).

De acordo com a base de dados da Mintel (Global New Products Database), a goma de alfarroba encontra-se presente nos rótulos de mais de 24 mil produtos alimentares, bebidas e complementos, dos quais 15 500 foram publicados (nesta base de dados) entre 2011 e 2016. A goma de alfarroba encontra-se presente em 95 das 118 subcategorias alimentares, classificadas de acordo com a nomenclatura Mintel (EFSA, 2017).

2.3.3.3.1. Estrutura química

A goma de alfarroba pertence ao grupo das galactomananas cuja estrutura química (Figura 19) é constituída por cadeias lineares de $(1 \rightarrow 4) - \beta - D - \text{manose}$ com substituintes de $(1 \rightarrow 6) - \alpha - D - \text{galactose}$.

As propriedades funcionais das galactomananas dependem das suas características estruturais, como sejam o número e forma de distribuição dos monómeros de galactose ao longo da cadeia de manose e a sua massa molecular. Na goma de alfarroba existem em média quatro unidades de manose por cada unidade de galactose. A distribuição dos resíduos de galactose não é regular, apresentando-se maioritariamente em blocos, mas também distribuída ao acaso ou com alguma ordenação (Zuidam & Nedovic, 2010).

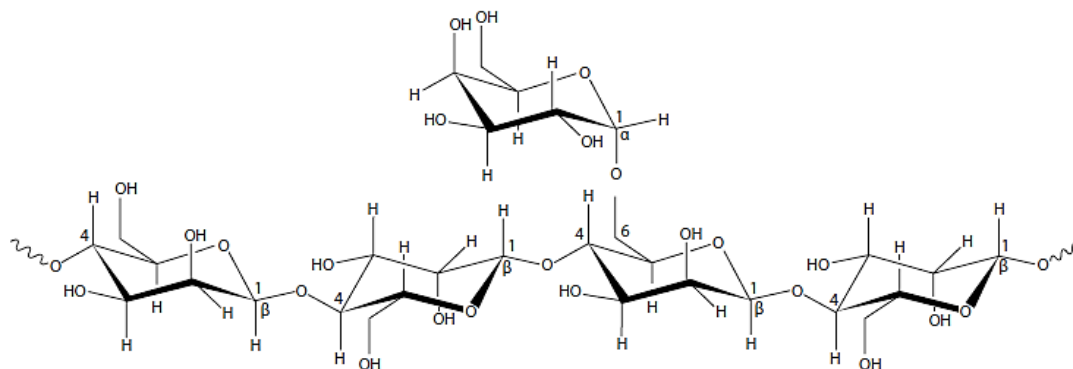


Figura 19. Estrutura química da goma de alfarroba. Mishra (2016).

2.3.3.3.2. Propriedades reológicas e fatores condicionantes

Em soluções diluídas, a goma de alfarroba exibe um comportamento newtoniano, onde a tensão de corte é diretamente proporcional à taxa de deformação da amostra, o que significa que a viscosidade é constante (η_0), quando aplicadas baixas velocidades de deformação. À medida que a velocidade de deformação aumenta, o seu comportamento afasta-se do comportamento newtoniano e torna-se reofluidificante (a viscosidade diminui à medida que aumenta a taxa de deformação imposta). Este comportamento pode ser explicado com base no conceito do entrelaçamento das macromoléculas que, à medida que a taxa de deformação aumenta, as moléculas alinham-se no sentido do escoamento, conduzindo à diminuição da viscosidade das soluções. O grau de entrelaçamento das moléculas depende essencialmente da concentração do polímero (C). Desta forma, em concentrações de 0,5 – 2 %, as soluções apresentam o comportamento típico de um biopolímero macromolecular com G'' (componente viscosa) $>$ G' (componente elástica) (comportamento de um líquido), a baixas frequências, e $G' > G''$ (comportamento de um sólido) a altas frequências (Barak & Mudgil, 2014).

A viscosidade intrínseca das soluções de goma de alfarroba é dependente do seu grau de ramificação e da sua massa molecular. Assim, para a mesma massa molecular, a viscosidade intrínseca aumenta com a diminuição do grau de ramificação, e para amostras com o mesmo grau de ramificação, a viscosidade intrínseca diminui drasticamente com a diminuição da massa molecular. A qualidade do solvente também influencia os valores de viscosidade intrínseca. Por exemplo, esta diminui com a adição de baixas concentrações de sacarose, aumenta até uma concentração de sacarose de cerca de 20% e torna a diminuir com a adição de quantidades mais elevadas deste dissacarídeo. O pH também influencia a viscosidade das soluções de goma de alfarroba na medida em que altera a extensão de entrelaçamento macromolecular.

Quanto à solubilidade, a goma de alfarroba apresenta uma gama de valores de solubilidade baixa à temperatura ambiente, sendo necessário realizar um aquecimento para atingir a máxima solubilidade. Quando aquecidas acima de 80°C, as soluções de goma de alfarroba são

totalmente solúveis e exibem um comportamento reofluidificante. As soluções aquecidas a esta temperatura e posteriormente arrefecidas têm uma viscosidade superior à das soluções preparadas a frio. A viscosidade é estável numa gama de pH entre 3 e 11 (Wüstenberg, 2015).

2.3.3.3.3. Sinergias

Os efeitos sinérgicos da goma de alfarroba são visíveis quando em solução com carrageninas. Os géis de κ -carragenina (que tendem a ser menos flexíveis) podem ser suavizados com a adição de goma de alfarroba (Zuidam & Nedovic, 2010).

Outra sinergia ocorre em combinação com a goma de xantana. A interação entre estes hidrocolóides forma um gel muito elástico e com características particularmente interessantes, quando combinados numa proporção de 60:40 (goma de xantana: goma de alfarroba). Em combinações de concentrações mais baixas, as gomas podem ser utilizadas no espessamento de soluções ou na criação de géis fluidos com propriedades viscoelásticas. A adição de sal pode resultar em géis mais fracos se esta adição ocorrer quando a mistura das gomas ainda se encontra quente.¹⁰ A diminuição da estabilidade destes géis está relacionada com a forma desordenada da goma de xantana em soluções quentes. Por outro lado, valores de pH baixos (inferiores a 4), tendem igualmente a diminuir a estabilidade do gel formado (Norton et al., 2011).

Em alguns casos experimentais, a adição de 10% de goma de alfarroba a géis de agar foi suficiente para originar géis fortes, não alterando as suas propriedades viscoelásticas (Wüstenberg, 2015).

2.3.3.3.4. Legislação

A goma de alfarroba é um aditivo alimentar autorizado na União Europeia em *quantum satis* na maioria dos alimentos, exceto em geleias e preparados semelhantes com frutas ou vegetais para bebés e crianças pequenas. Os níveis máximos de aplicação da goma de alfarroba (E 410) encontram-se definidos no anexo II do Regulamento (CE) n.º 1333/2008 relativo aos aditivos alimentares. Neste documento, estes níveis são designados por níveis máximos permitidos (EFSA, 2017).

2.3.3.3.5. Usos e aplicações

A goma de alfarroba é utilizada na indústria de alimentos devido à sua propriedade espessante e estabilizadora. A sua utilização como agente estabilizador e espessante é recorrente em parte por se tratar de um aditivo obtido de uma fonte natural, e por outro lado devido à ligação que forma com a água, permitindo o armazenamento dos produtos alimentares (Barak & Mudgil, 2014).

¹⁰ No trabalho experimental, a adição dos hidrocolóides ao creme pastel de nata é efetuada após este ter arrefecido até à temperatura ambiente.

Em produtos de panificação/pastelaria a goma de alfarroba melhora a textura final, aumenta a viscosidade e o volume das massas e retarda o envelhecimento dos produtos (Barak & Mudgil, 2014).

A goma de alfarroba é utilizada em gelados, sobremesas de produtos lácteos refrigerados, entre outros. O baixo teor de energia e alta fibra o torna a goma de alfarroba igualmente adequada para ser aplicada em alimentos saudáveis e produtos destinados a diabéticos (Wüstenberg, 2015).

2.3.3.4. Carragenina

As carrageninas são extraídas a partir das algas vermelhas *Rhodophyceae*. São conhecidos diferentes tipos de carrageninas: λ -, μ -, ν -, κ - e ι , mas após a extração e o isolamento, apenas três tipos de carrageninas são comercialmente vendidas: κ -carragenina, ι -carragenina e λ -carragenina (Zuidam & Nedovic, 2010; Mishra, 2016). Dependendo do tipo de alga, diferentes carrageninas são produzidas: *Chondrus crispus* (κ e ι), *Eucheuma cottonii* (κ), *E. spinosum* (ι), *Gigartina* (κ e ι), *Furcellaria* (κ e ι). Depois da seleção, as algas são lavadas para remover impurezas como areias e pedras. Posteriormente, são tratadas com soluções alcalinas para extrair a carragenina. O tipo de solução alcalina (e.g. hidróxido de sódio, potássio ou cálcio), é selecionado de acordo com o sal de carragenina a ser produzido. O tratamento prolongado em soluções alcalinas promove um rearranjo molecular que modifica a estrutura interna do polissacarídeo. Esta reação provoca a formação de pontes de anidrido, que reduzem o número de “torções” na cadeia molecular, fortalecendo-a. Como consequência, os géis de κ -carragenina têm uma maior resistência à rutura, e são menos “quebradiços” (Imeson, 2010).

2.3.3.4.1. Estrutura química

As carrageninas são polissacarídeos hidrofílicos lineares formados por moléculas de galactose e 3,6 – anidro – galactose, ligadas alternadamente por ligações glicosídicas $\alpha - 1 \rightarrow 3$ e $\beta - 1 \rightarrow 4$. As características dos vários tipos de carrageninas (κ -carragenina, λ -carragenina e ι -carragenina) (Figura 20) resultam de diferente número e posição de grupos de ésteres de sulfato e no seu conteúdo de unidades de 3,6 – anidrogactose (Wüstenberg, 2015).

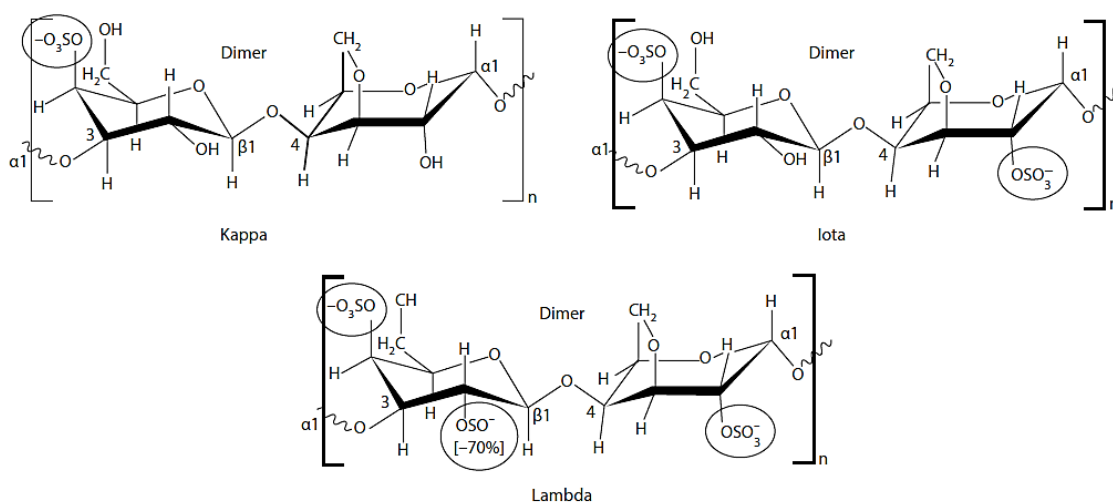


Figura 20. Estrutura química da κ -carragenina, ι -carragenina e λ -carragenina. Mishra (2016).

2.3.3.4.2. Propriedades reológicas e fatores condicionantes

Devido à variação na sua estrutura química, as carrageninas exibem um amplo espectro de comportamentos reológicos. Dependendo do tipo de carragenina, este comportamento pode resultar na formação de soluções viscosas ou de géis termorreversíveis, podendo apresentar um espectro de texturas que varia de macio e elástico a firme e quebradiço. As carrageninas são solúveis em água quente ($T > 75^\circ C$), e a baixas concentrações (0,1 – 0,5 %) produzem soluções de alta viscosidade. A viscosidade destas soluções aumenta com o peso molecular (Mishra, 2016). Tanto a κ -carragenina com a ι -carragenina têm a capacidade de formar géis elásticos na presença de cátions, como K^+ e Ca^{2+} , respetivamente (Zuidam & Nedovic, 2010). Os cátions não surtem efeito nas propriedades gelificantes da λ -carragenina, mas na presença de altas concentrações de sal, ocorre gelificação. Os géis e soluções viscosas formados com λ -carragenina mostram um comportamento reofluidificante. São, portanto, aplicados no espessamento de alguns produtos alimentares, particularmente em produtos lácteos (Imeson, 2010).

A gelificação das carrageninas é determinada pelo teor relativamente elevado de resíduos hidrofóbicos de anidro-galactose e o baixo ou médio teor de grupos éster de sulfato. O mecanismo de gelificação consiste em duas etapas. Na primeira fase, ocorre a formação de zonas de hélices simples, por interação iónica, e associação em espiral de diferentes moléculas. Na segunda fase, as hélices individuais organizam-se com as adjacentes para formar estruturas helicoidais, duplas ou triplas. Os íons de cálcio induzem uma ponte entre cadeias adjacentes em ι -carrageninas, enquanto que os íons de potássio permitem a formação de duplas hélices. As ligações de hidrogénio ocorrem entre diferentes hélices (Wüstenberg, 2015).

A gelificação das soluções de κ -carragenina e de ι -carragenina depende dos cátions e outros ingredientes presentes na solução. A composição iónica de um sistema alimentar é, portanto, importante para a eficácia da formação do gel. Por exemplo, a κ -carragenina utiliza os iões de potássio presentes na solução, para estabilizar as zonas de junção, formando um gel firme e quebradiço. Por outro lado, a ι -carragenina seleciona iões de cálcio e permite formar géis macios e elásticos. Quanto à solubilidade das carrageninas, a κ -carragenina e a ι -carragenina são solúveis em água quente, e apenas os sais de sódio de estas carrageninas são solúveis em água fria. A valores de pH próximos de 5,5, as soluções de carragenina perdem viscosidade e capacidade de gelificar, e a valores de pH inferiores a 3,5, sobretudo sob condições de aquecimento, ocorre hidrólise. No congelamento/descongelamento, os géis de κ -carragenina apresentam níveis altos de sinérese enquanto que os géis ι permanecem estáveis, recuperando a sua forma após o descongelamento (Imeson, 2010).

2.3.3.4.3. Sinergias

A κ -carragenina produz géis firmes e quebradiços (pouco flexíveis), apresentando uma estabilidade muito fraca no congelamento-descongelamento. Em contraste, a ι -carragenina forma géis mais elásticos. A misturas destes dois tipos de carrageninas permite obter um gel intermédio, cujas propriedades de textura podem ser as adequadas à aplicação em determinados produtos alimentares.

A κ -carragenina forma géis sinérgicos com galactomananas, como a goma de alfarroba e com as glucomananas como o konjac. Estes géis têm uma força e elasticidade consideráveis, atenuando a sinérese dos géis. Na goma de alfarroba, as regiões livres de manose podem-se associar com estruturas helicoidais regulares que se formam dentro da rede da κ -carragenina, quando arrefecida, conduzindo à formação de géis fortes e elásticos com baixa sinérese. A interação máxima, i.e., a força do pico de rutura do gel, ocorre em proporções entre 60: 40 e 40: 60 (κ -carragenina: goma de alfarroba) (Phillips & Williams, 2009).

2.3.3.4.4. Legislação

Na União Europeia, as carrageninas encontram-se regulamentadas como aditivo alimentar (E 407), sem indicação de dose diária máxima. A sua aplicação é permitida como emulsionante, estabilizador, espessante e gelificante. Nos EUA, a carragenina é igualmente aprovada para consumo, pela FDA.

Em 2007, o Comité de Peritos independente da FAO/OMS considerou possíveis impactos da carragenina ao nível do sistema digestivo de humanos. O estudo conduzido concluiu não haver informação suficiente para criar um valor para “Ingestão Diária Aceitável” (IDA)¹¹. Igualmente, a

¹¹ Valor numérico que indica a quantidade de uma determinada substância que pode ser consumida todos os dias, o resto da vida, sem provocar riscos apreciáveis para a saúde humana. O valor é expresso em mg da substância por kg do peso corporal, por dia.

hipótese sobre a possível ação adversa da carragenina ao nível da resposta imunitária do trato gastrointestinal, foi inconclusiva. No entanto, o JEFCA considera que potenciais efeitos adversos da presença de carrageninas em formulas infantis, podem resultar de uma ação direta no epitélio do trato intestinal. Desta forma, o comité considerou que “não é aconselhável utilizar carrageninas ou algas *Eucheuma*, transformadas em fórmulas, para lactentes destinadas a crianças com até aos 12 meses de idade” (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, 2007).

2.3.3.4.5. Usos e aplicações

As carrageninas são frequentemente aplicadas em produtos lácteos, como sobremesas congeladas. A κ -carragenina contém grupos sulfato carregados negativamente que interagem electrostaticamente com as regiões carregadas positivamente das micelas de caseínas do leite. Formam-se então interações entre o hidrocolóide e as proteínas do leite, levando à estabilização, espessamento ou gelificação do produto lácteo, dependendo da concentração de carrageninas utilizada. Quando a κ -carragenina é aplicada, mesmo em baixas concentrações (0,015 – 0,025 %), a separação do soro durante o processamento e armazenamento de gelados, batidos, cremes de queijo e sobremesas lácteas é evitado. Esta "rede de gel líquido" também pode estabilizar partículas em suspensão como o cacau, em leite com chocolate, e outras suspensões (Wüstenberg, 2015; Mishra, 2016).

2.4. Técnicas utilizadas na caracterização do Bombom Pastel de Nata

2.4.1. Introdução às propriedades de textura

A avaliação das propriedades reológicas de produtos alimentares pode ser efetuada por métodos fundamentais, empíricos ou imitativos (Barn, 2000). Enquanto que os primeiros medem propriedades bem definidas, inerentes ao material e que não dependem da geometria utilizada, das condições empregues ou do aparelho, os restantes baseiam-se em parâmetros empíricos pouco definidos, mas úteis e práticos.

Nos testes empíricos podem não ser são conhecidas as condições de tensão e deformação aplicadas na amostra, logo os resultados não podem ser expressos em parâmetros reológicos fundamentais como a viscosidade e o módulo conservação.

Entre os testes fundamentais existem os ensaios quasiestáticos, os ensaios transitórios e os ensaios dinâmicos. Nestes últimos é aplicada sobre a amostra uma deformação ou tensão que varia sinusoidalmente com o tempo, a uma determinada frequência angular (ω), e regista-se a resposta da amostra. Para a realização dos testes fundamentais dinâmicos utilizam-se reómetros, aparelhos atualmente bastante sofisticados e associados a programas computacionais que permitem a obtenção rápida de dados reológicos (Barn, 2000).

Entre os testes imitativos, cujo objetivo é imitar a mastigação humana, destaca-se a análise de perfil de textura (TPA – Texture Analysis Profile), realizada no trabalho prático. Realizaram-se igualmente testes empíricos como o teste de compressão uniaxial e o teste de penetração simples.

2.4.1.1. Compressão

O teste de compressão é provavelmente o teste mais simples de medição da textura instrumental. Neste tipo de teste a amostra é deformada e a extensão da deformação (ou a resistência oferecida pela amostra) é registada e utilizada como índice da textura do alimento. O teste consiste em aplicar uma sonda que se aproxima gradualmente da amostra e, em contacto com a amostra, inicia o procedimento de compressão, medindo a força necessária para comprimir a amostra até uma determinada distância ou percentagem de tensão.

A sonda utilizada no teste pode assumir uma geometria cilíndrica ou plana. O seu diâmetro deve ser igual ou maior que o diâmetro da amostra (dependendo da extensão da deformação). Se a amostra tiver uma superfície maior do que o diâmetro da sonda, então o princípio aplicado é de penetração em vez de compressão.

Nos testes de compressão, a amostra pode ser comprimida uma única direção, não estando restringida nas outras dimensões, (**testes de compressão uniaxial**) ou em três dimensões (**testes de compressão em massa [*bulk*]**) (Bourne, 2002).

Uma tensão uniaxial pode ser tênsil ou compressiva. Embora, as tensões sejam aplicadas apenas nas superfícies dos materiais, a mesma tensão existe em qualquer ponto do material. A deformação, na tensão uniaxial, é a mudança de comprimento por unidade de comprimento (medida em milímetros) e, portanto, é adimensional.

Durante a compressão uniaxial de um material este não só é comprimido como também alongado na direção perpendicular à tensão compressiva, numa determinada extensão de área (Vliet, 2014). Para a realização deste teste, a amostra deve ser colocada entre duas placas paralelas. A placa superior deve apresentar um diâmetro maior que o diâmetro da amostra.

Para alimentos sólidos, os testes de compressão uniaxial podem ser divididos em dois tipos de teste:

- **Teste não destrutivo:** A força de compressão é suave para garantir que não ocorram fraturas irreversíveis na amostra.
- **Teste destrutivo:** A força de compressão é aumentada com o objetivo de causar danos irreversíveis à amostra. Este teste é aplicado na análise de perfil instrumental (Bourne, 2002).

A determinação e melhoria das propriedades mecânicas dos hidrogéis tem um papel importante na prevenção de efeitos colaterais indesejáveis durante o processo de fabricação e aplicação do produto. A força é medida pela quantificação da força necessária para comprimir a microesfera. A elasticidade é avaliada medindo o tempo necessário para comprimir a microesfera até um valor predefinido.

Quando as microesferas são comprimidas, a força que lhes é imposta e o seu deslocamento são medidos simultaneamente (Zuidam & Nedovic, 2010). As microesferas podem ser irreversivelmente deformadas se atingirem um determinado ponto no qual permanecem sob forma de “panqueca” após a remoção da carga compressiva. Neste caso, ocorre uma rutura da rede do hidrogel e as microesferas não recuperam a sua forma original pois ultrapassam o seu limite elástico (Chan, et al., 2011).

As propriedades mecânicas dos hidrogéis de alginato são altamente dependentes das características do polímero, do *crosslinking* entre as cadeias de alginato e os iões, e do ambiente de gelificação. No estudo conduzido por Tomović *et al.* (2015), concluiu-se que as microesferas de alginato feitas com maior teor de ácido gulurónico e iões de maior afinidade química, apresentaram maior rigidez (Tomović et al., 2015). No estudo conduzido por Chan *et al.* (2001), verificou-se o seguinte:

- O tamanho da microesfera diminuiu com o aumento da afinidade química entre as cadeias de alginato e diferentes iões divalentes e, igualmente diminuiu com o aumento da concentração dos iões.
- O comprimento mínimo dos blocos de ácido gulurónico, necessário para o *crosslinking*, diminui com o aumento da afinidade dos iões em relação à cadeia de alginato.
- Uma maior concentração de catiões aumentou a dureza da microesfera. Uma maior concentração de catiões garante uma ligação de *crosslinking* maximizada.
- A dureza da microesfera está diretamente relacionada à afinidade química do catião com o alginato.

E concluiu-se que:

- Alginatos com proporção de M:G alta recuperaram quase instantaneamente a sua forma, após serem comprimidos a 30% e 40% de deformação. Alginatos com proporção M:G baixa levaram muito mais tempo, cerca de 7 min, para recuperar a altura inicial. Por outro lado, todas as microesferas deformaram-se irreversivelmente quando comprimidas para além de 50% de deformação, independentemente do tipo de alginato (Chan, et al., 2011).

2.4.1.2. Penetração

Num teste de penetração (ou punção), a sonda penetra a amostra, a uma profundidade de penetração constante. Ao penetrar a amostra o equipamento mede a força necessária para alcançar uma determinada distância de penetração ou a profundidade de penetração num tempo

previamente estabelecido. Esta força proporciona informação em relação às propriedades texturais da amostra, nomeadamente a firmeza (Bourne, 2002).

Este tipo de teste de análise de textura causa uma alteração irreversível na amostra. O tamanho da amostra deve ser maior que o tamanho da sonda. Se o tamanho da amostra for inferior ao tamanho da sonda, ocorre uma compressão em vez de uma penetração. Quanto maior for a leitura da força (ou menor a profundidade de penetração, medida com uma força constante), mais resistente é o material (Bourne, 2002).

2.4.1.3. Análise de Perfil de Textura

A percepção da textura dos alimentos é vital para determinar a sua aceitação e preferência pelos consumidores. Tradicionalmente, a textura é medida através de painéis sensoriais que constituem um método subjetivo e demorado. Desta forma, existe um interesse crescente em aplicar métodos instrumentais que possam fornecer resultados objetivos. Um destes testes instrumentais é a análise de perfil de textura (TPA) que permite avaliar a textura de sistemas alimentares, em condições com parâmetros bem definidos. O TPA tem como objetivo determinar as propriedades de fratura de sistemas alimentares, através de uma compressão uniaxial. A medição da fratura permite obter resultados próximos dos que seriam obtidos através da mastigação da boca humana. Assim, o TPA imita as propriedades sensoriais humanas, evitando as variações inerentes à avaliação humana (Ahmed et al., 2017).

O teste de TPA consiste em comprimir, ou fraturar, uma amostra de um dado alimento, duas vezes (*two-bites test*), imitando a mastigação humana conduzida pela ação do maxilar. O resultado do teste é dado através de curvas de força-tempo que resultam da análise dos diversos parâmetros de textura, que se correlacionam com a avaliação sensorial dos mesmos (Stable Micro Systems, 2011).

Na realização do teste, uma amostra de tamanho e forma definida é colocada numa base de placa lisa e é comprimida/descomprimida duas vezes por uma placa superior anexada ao sistema de acionamento. A curva de força versus tempo (Figura 21) é registrada a partir da qual vários parâmetros de textura como a dureza, a fraturabilidade, a adesividade, a elasticidade, a coesividade, gomosidade e mastigabilidade (Ahmed, Ptaszek, & Basu, 2017).

A **dureza** é definida como a força máxima quando o material se rompe ou quando a amostra é achatada e deformada. Na maioria dos casos, a dureza está correlacionada com a resistência à rutura ou com a força do gel e é expressa em unidades de força (Newtons). A primeira queda significativa na curva força/tempo durante o primeiro ciclo de compressão é definida como a **fraturabilidade** (ponto da primeira fratura). Após o primeiro ciclo de compressão, a força é removida da amostra, pois a placa superior da máquina volta à sua posição original. Se o material for adesivo, a força torna-se negativa. A área desse pico negativo é tomada como uma medida da **adesividade** da amostra. À medida que o segundo ciclo de compressão é iniciado, determina-se a elasticidade da amostra. A **elasticidade** é uma medida da extensão da amostra que foi

deformada pela compressão inicial, ou seja, o comprimento do pico 2 dividido pelo comprimento do pico 1 e, se a amostra retornasse à sua altura original, a elasticidade seria de 100%. Em termos sensoriais, a amostra pode apresentar uma textura tipo “borracha”. A **coesividade** é medida tomando o trabalho total realizado na amostra durante o segundo ciclo e dividindo-a pelo trabalho realizado durante o primeiro ciclo. Amostras que são muito coesas terão valores elevados e serão percebidas como rígidas e difíceis de mastigar na boca. **Gumminess** (“gomosidade”) é um parâmetro secundário calculado através da equação: dureza x coesão e se relaciona com a energia necessária para destruir um material semissólido para que possa ser engolido. **Chewiness** (“mastigabilidade”) é a energia necessária para mastigar alimentos sólidos para que possam ser engolidos. Este parâmetro é dado pela equação: dureza x coesão x elasticidade, tratando-se também de um parâmetro secundário (Razavi & Karazhiyan, 2012).

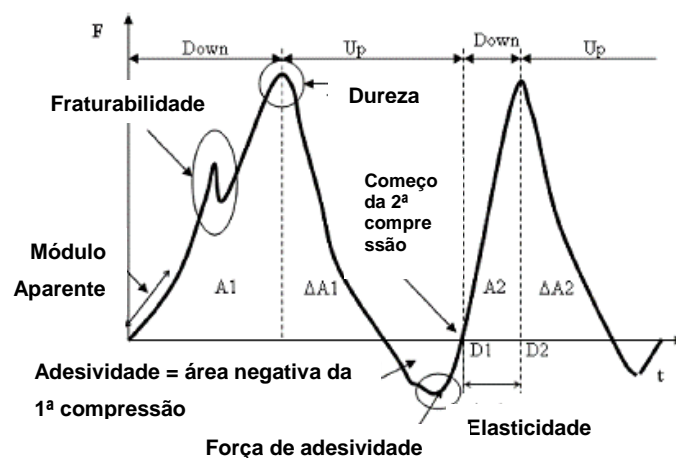


Figura 21. Parâmetros de textura medidos pelo TPA. Adaptado de Razavi & Karazhiyan (2012).

A deformação máxima em hidrogéis depende da natureza elástica da rede do gel. Soluções muito viscosas produzem um perfil de tensão / deformação suave, sem sinais aparentes de pontos de perturbação na curva obtida, durante o ciclo de compressão.

No estudo conduzido por Hayakawa, *et al.* (2014), “Characterization of eating difficulty by sensory evaluation of hydrocolloid gels”, concluiu-se que:

- Os valores de dureza estimados a partir do TPA aumentaram com a concentração de hidrocolóides quando comparados entre amostras da mesma fonte de hidrocolóide.
- Os géis produzidos com a mistura de goma de alfarroba e a goma de xantana, não se fraturaram com a aplicação de uma grande deformação. Estes géis mostraram igualmente elevada coesividade (Hayakawa, *et al.*, 2014).

2.4.2. Análise das propriedades reológicas

2.4.2.1. Introdução às propriedades reológicas

Existe um interesse crescente na compreensão da microestrutura alimentar e sua relação com os atributos e reológicos dos alimentos, no desenvolvimento de produtos alimentares na indústria alimentar. A importância das propriedades reológicas nos alimentos é tal que “[...] os consumidores não comprarão o produto se estas características [propriedades mecânicas] não satisfizerem determinados requisitos mínimos [...]” (Vliet, 2014).

A **reologia** é a ciência que estuda a deformação dos sólidos e o escoamento dos líquidos sob a ação de tensões. Em relação à área alimentar, a reologia é o “estudo da deformação e escoamento das matérias-primas, dos produtos intermédios e dos produtos finais da indústria alimentar”. (Ahmed, Ptaszek, & Basu, 2017) Os principais parâmetros envolvidos nas avaliações reológicas são a **tensão** (σ) e a **deformação** (γ).

A tensão é a força aplicada por unidade de área, ou seja, a concentração de força num material. O tipo de tensão é determinado pela direção da força na superfície do material: uma tensão que atua numa direção paralela à superfície do material que deforma, designa-se por tensão de corte, e uma tensão que atua na direção perpendicular à superfície do material que deforma, designa-se por tensão normal ou apenas tensão. A tensão é expressa em unidades de Pa (SI) ou N/m². A deformação é medida através do deslocamento provocada pela tensão e trata-se de uma grandeza adimensional (Ahmed, Ptaszek, & Basu, 2017) .

A deformação que é aplicada nos materiais vai depender das propriedades do material, da magnitude da força e do tamanho e forma do material. As deformações podem ser: 1) Reversíveis se ocorrem em materiais que retomam a sua forma após a remoção da tensão ou, 2) Irreversíveis se os materiais não voltam a adquirir a sua forma original (Ahmed, Ptaszek, & Basu, 2017).

Um material sólido pode ser definido como um o material que não modifica continuamente a sua forma quando sujeito a uma dada tensão. Um material líquido é um material que modifica continuamente a sua forma (i.e., que flui) quando sujeito a uma dada tensão. Se o material sólido retomar a sua forma original após a remoção da tensão aplicada, este material apresenta características elásticas.

Os materiais sólidos (Figura 22) que apresentam comportamentos elásticos foram estudados por Robert Hooke. Hooke observou que os materiais sólidos elásticos, quando sujeitos a uma deformação instantânea causada por esforços de tracção, mantêm a deformação mas, recuperam o seu estado inicial após a retirada da tensão.

Os materiais sólidos elásticos ideais apresentam um comportamento linear (Figura 22 [a 1]), ou seja, a relação entre a tensão (σ) e a deformação (γ) é proporcional. No entanto, materiais mais frágeis como batatas-fritas de pacote e biscoitos crocantes apresenta um comportamento não-

linear (Figura 22 [a 2]), ou seja, são linearmente elásticos até o ponto em que se fraturam, como a gelatina. Os materiais elásticos podem ainda sofrer deformações permanentes dependendo da deformação a que são sujeitos, existindo um determinado grau de viscoelasticidade (Figura 22 [b]) como queijos e massas de bolos/pães, ou de plasticidade (Figura 22 [c]), como cremes para barrar ou manteigas.

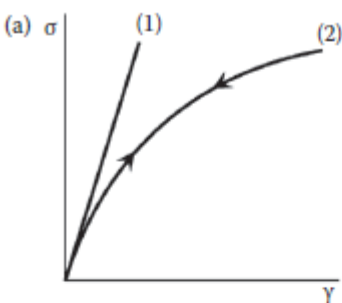
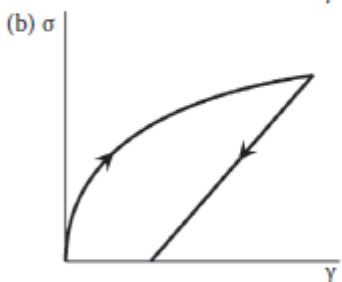
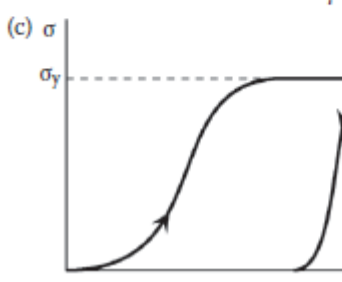
Comportamento observado	Exemplos
<p>(a) </p> <p>Material elástico (1) Elástico linear $\sigma = G(\gamma)$ (2) Elástico não-linear $\sigma = G(\gamma) \gamma$</p>	<p>(1) Sólidos duros como biscoitos, tostas, etc. (2) Gelatina e a maioria de outros géis, ovos cozidos, carne enlatada, e vários líquidos reofluidificantes submetidos a uma tensão abaixo da tensão de limite elástico. A tensões (muito) baixas, o comportamento é frequentemente elástico não linear.</p>
<p>(b) </p> <p>Viscoelástico $\sigma = G(\gamma, t) \gamma$</p>	<p>Muitos queijos, massa de pão, massa de bolo, carne, etc.</p>
<p>(c) </p> <p>Líquido reofluidificante Em $\sigma < \sigma_y$ geralmente $\sigma = G(\gamma) \gamma$</p>	<p>Margarina, manteiga, maionese, ketchup, chantilly, molho de maçã</p>

Figura 22. Classificação de materiais com caráter sólido de acordo com seu comportamento reológico. Adaptado de Vliet (2014).

Quanto aos materiais líquidos (Figura 23), estes sofrem um escoamento contínuo enquanto for aplicada uma tensão de corte.

A **viscosidade** (η) é uma medida da resistência que um material líquido oferece ao escoamento. A viscosidade é definida pela relação entre a tensão aplicada e a taxa de deformação: $\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}$ (Ahmed et al., 2017). Quando um determinado material apresenta um comportamento intermédio entre os sólidos elásticos e os líquidos viscosos, diz-se que este material apresenta um comportamento viscoelástico. Os materiais viscosos fluem a uma certa taxa de deformação quando a força é aplicada, e após a remoção da força, estes materiais retêm a forma adquirida pela ação da força aplicada (Vliet, 2014).

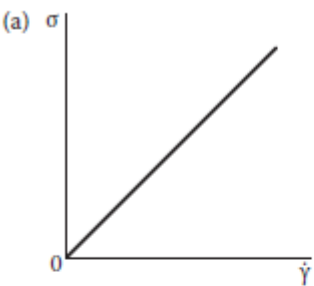
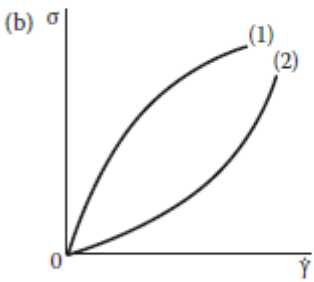
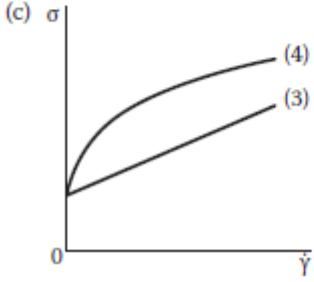
Comportamento observado	Exemplos
<p>(a) </p> <p>Líquido Newtoniano Viscoso linear $\sigma = \eta \dot{\gamma}$ η = uma constante</p>	<p>Líquidos de baixo peso molecular. Dispersões diluídas de partículas esféricas sólidas (e.g., emulsões diluídas). Água, mel, calda de açúcar, misturas de água e álcool, leite pasteurizado.</p>
<p>(b) </p> <p>Líquido não-newtoniano $\sigma = \eta_{app} \dot{\gamma}$ $\eta_{app} = f(\dot{\gamma})$ (1) Reofluidificante (2) Reoespessante η_{app} = viscosidade aparente</p>	<p>(1) Soluções de macromoléculas, leite concentrado, iogurtes líquidos, queijo de barrar, sumos de fruta e algumas dispersões com partículas de alta fração de volume como manteiga de amendoim homogeneizada. (2) Suspensão de grânulos de amido concentrada.</p>
<p>(c) </p> <p>(3) Líquido Bingham $\sigma - \sigma_y = \eta_B \dot{\gamma}$ (4) Líquido reofluidificante $\sigma - \sigma_y = \eta_{app} \dot{\gamma}$ η_y = tensão limite η_B = viscosidade Bingham</p>	<p>(3) Modelo de Bingham é designado por modelo ideal. (4) Margarina, manteiga, maionese, <i>ketchup</i>, <i>chantilly</i>, molho de maçã.</p>

Figura 23. Classificação de materiais com caráter líquido de acordo com seu comportamento reológico. Adaptado de Vliet (2014).

Ao contrário dos sólidos elásticos, o material líquido não recupera da deformação após ser retirada a tensão. Os líquidos que obedecem à Lei de Newton têm viscosidade constante, e são denominados de **fluidos newtonianos** (Figura 23 [a]). Exemplos destes líquidos são a água e caldas de açúcar. No entanto, existem igualmente fluidos que não seguem a Lei de Newton. Estes são denominados por **fluidos não newtonianos** (Figura 23 [b]). Neste tipo de fluidos, é possível observar dois comportamentos distintos, dependendo da variação da viscosidade com o aumento da taxa de deformação. Se a viscosidade aumentar com o aumento da taxa de deformação, o fluido é designado por **reoespessante** (Figura 23 [b 2]) (e.g. soluções concentradas de amido). Se a viscosidade diminuir com o aumento da taxa de deformação, o fluido é designado por **reofluidificante** (Figura 23 [b 1]) (e.g. sumos de frutas). Assim, a variação da viscosidade com a taxa de deformação é a principal diferença entre os fluidos newtonianos e não newtonianos (Norton et al., 2011). Muitos materiais alimentares como o *ketchup* e as natas batidas comportam-se como sólidos sob pequenas tensões e como líquidos sob maiores tensões ((Figura 23 [c]) (Vliet, 2014).

2.4.2.2. Testes reológicos

Na realização dos testes reológicos, com recurso a um **reómetro**, aplica-se uma tensão sinusoidal sobre a amostra e mede-se a deformação causada. A razão força/deformação é convertida numa razão tensão/deformação usando um fator apropriado para a geometria utilizada no ensaio. Este fator é normalmente calculado para o comportamento linear (em que a tensão é diretamente proporcional à deformação) pelo que, os ensaios devem ser realizados dentro da gama de valores de comportamento linear previamente testados para a amostra em estudo.

À parte móvel do reómetro podem ser acopladas diversas geometrias, desde cones de diferentes diâmetros e ângulos a diversas placas lisas ou rugosas. A parte fixa do aparelho é constituída por uma placa circular lisa à qual está acoplado um sistema de controlo de temperatura. É nesta placa que são colocadas as amostras a analisar.

A caracterização reológica de propriedades viscoelásticas pode ser conduzida através de pequenas oscilações dinâmicas de deformação (SAOS - *Small Amplitude Oscillatory Shear*). Nesta técnica, as oscilações ocorrem em duas direções (bidirecional) e aplica apenas pequena deformação à amostra, preservando assim a estrutura de rede do material ao contrário da técnica de compressão. No teste SAOS a amostra é colocada entre duas placas, onde a placa superior oscila com pequenas amplitudes, em relação à posição do espaço médio, e um transdutor de força deteta o sinal de força que surge da amostra (Ahmed et al., 2017). Nas oscilações dinâmicas, uma amostra que se encontra exposta a uma deformação sinusoidal (γ), a uma determinada frequência angular (ω), responderá com uma abordagem gradual a uma tensão sinusoidal constante (σ) (Norton et al., 2011).

A realização de testes dinâmicos a baixa amplitude de deformação é útil para o estudo de polímeros, pois permite avaliar o tipo de organização da sua estrutura, incluindo aspetos conformacionais e interações intermoleculares. Nas oscilações dinâmicas avalia-se a variação dos módulos viscoelásticos (G' – módulo elástico ou de conservação e G'' – módulo viscoso ou de dissipação) com uma frequência de oscilação (ω) a que o sistema de polímeros (e.g. polissacarídeos) é submetido. Este resultado denomina-se por **espectro mecânico**. A componente elástica para qualquer frequência vai ser caracterizada pelo G' , enquanto que a componente viscosa é caracterizada por G'' . As unidades para ambos estes módulos é o Pascal. A partir dos módulos G' e G'' calcula-se a viscosidade dinâmica (η'): $\eta' = G''/\omega$. Outro parâmetro importante é o ângulo de dissipação (δ) entre a deformação e a resposta. O ângulo de dissipação é frequentemente expresso como tangente de delta ($\tan \delta =$ proporção de energia perdida para energia armazenada ou G''/G'). A tangente de delta descreve o grau relativo de viscoelasticidade. Os ângulos de dissipação de 0° e 90° indicam materiais puramente elásticos e viscosos, respetivamente. Uma diminuição no ângulo de dissipação indica que o material reage a uma tensão externa de uma forma relativamente mais elástica. Quando $G' = G''$ ($\delta = 45^\circ$ e $\tan \delta = 1$) o valor do módulo neste ponto é chamado de 'módulo de cruzamento', no qual o estado

do material passa de líquido para sólido (ponto de gelificação) ou vice-versa (Norton, Spyropoulos, & Cox, 2011).

Nos testes oscilatórios as amostras são submetidas a uma tensão que varia com o tempo. O SAOS é usado para caracterizar as propriedades viscoelásticas dos materiais em função do tempo, temperatura, tensão ou frequência:

- **Teste de varrimento de tensão:** é utilizado para determinar a zona viscoelástica linear de uma estrutura. Neste teste, a resposta do material ao aumento da amplitude, a uma frequência e temperatura constantes, é medida. Na região da viscoelasticidade linear, as magnitudes da deformação e da tensão são lineares, produzindo valores constantes dos módulos G' e G'' .
- **Teste de varrimento de frequência:** é utilizado para observar as mudanças das componentes viscosa e elástica do material, à tensão aplicada, enquanto a amplitude do sinal é constante (tensão ou deformação). Os parâmetros derivados, como a viscosidade complexa (η^*) e $\tan \delta$, fornecem informações úteis sobre a natureza do sistema que está sendo testado, determinando as propriedades de gelificação (solução diluída, solução de polímeros emaranhados, gel fraco ou gel forte). O registo de G' e G'' em função da frequência de oscilação permite obter o espectro mecânico, a partir do qual é possível obter indicações sobre o grau de estrutura do alimento.
- **Teste de varrimento de tempo:** é utilizado para avaliar as propriedades viscoelásticas dos materiais em função do tempo, mantendo a tensão, frequência e temperatura constantes. Nos géis proteicos, as redes de gel continuam a se desenvolver durante a duração do teste devido à desnaturação das moléculas residuais das proteínas. A continuação da desnaturação é observada pelo aumento do valor do módulo de armazenamento em função do tempo. Este teste corresponde a uma maturação do alimento.
- **Teste de varrimento de temperatura:** é utilizado em géis e fornece informação a temperatura de gelificação, através parâmetros reológicos como G' e G'' , função da temperatura, mantendo a frequência e a tensão constantes (Ahmed et al., 2017).

Medir as propriedades viscoelásticas lineares permite compreender associar a estrutura molecular de um dado material, ao seu desempenho. Se a deformação é pequena ou for aplicada lentamente, os arranjos moleculares nunca estão longe do equilíbrio. Assim, a resposta mecânica é apenas um reflexo de processos dinâmicos a nível molecular que continuam constantemente, mesmo para um sistema em equilíbrio. Antes de executar o teste de varrimento de frequência, a zona viscoelástica linear da amostra tem de ser determinada, de modo a que o teste de varrimento de frequência seja realizado a uma determinada tensão, que não provoque a destruição da estrutura interna do alimento. Na zona viscoelástica linear, os módulos dinâmicos devem ser constantes e não dependentes da amplitude da oscilação. A realização do teste com frequências diferentes, mas mantendo a tensão constante e conhecendo a zona viscoelástica linear, proporciona informação sobre o comportamento elástico ou viscoso da amostra e sua

estrutura interna. A tensão aplicada à amostra é pequena e desta forma, não causa mudanças irreversíveis na estrutura, obtendo-se informação sobre a estrutura da amostra que permaneceu inalterada (Ahmed et al., 2017).

2.4.3. Cromatografia gasosa

A cromatografia gasosa (GC), representa um dos métodos analíticos atuais mais importantes na análise química orgânica, na determinação de substâncias individuais de baixo teor molecular em misturas complexas (Hubschmann, 2015). A cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa (GC-MS) (Figura 24) combina a aplicação de duas técnicas microanalíticas. O cromatógrafo gasoso separa os componentes de uma mistura no tempo e o espectrômetro de massa fornece informações que auxiliam na identificação estrutural de cada componente volátil (Sparkman, 2011).

O princípio básico de funcionamento do GC envolve a volatilização da amostra num injetor aquecido do cromatógrafo, seguido da separação dos componentes da mistura numa coluna especializada com afinidade pelos compostos. A grande maioria das colunas são tubos capilares com uma fase estacionária que reveste a sua parede interna. Um gás transportador (fase móvel), geralmente o hélio, é usado para transferir a amostra do injetor, através da coluna até ao espectrômetro de massa. A separação dos componentes é determinada pela distribuição (particionamento) de cada componente entre a fase móvel (gás transportador) e a fase estacionária. Uma componente que permanece pouco tempo na fase estacionária eluirá¹² rapidamente. Ou seja, à medida que as substâncias vão interagindo com a fase estacionária, estas são retidas e ocorre dessorção das moléculas. A coluna é gradualmente aquecida provocando a libertação das moléculas da fase estacionária, em diferentes momentos designados por tempos de retenção (TR). Após a eluição da coluna, cada componente ainda no gás transportador, flui para o espectrômetro de massa.

¹² Processo através do qual ocorre dessorção (libertação de uma substância de uma determinada superfície) através de um adsorvente. Ou seja, no caso mencionado, as moléculas são libertadas da coluna (fase estacionária) pela passagem do hélio (fase móvel).

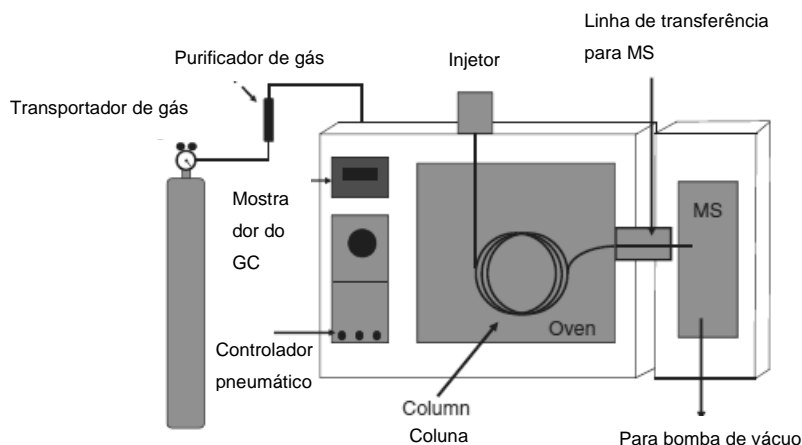


Figura 24. Esquema representativo de um cromatógrafo gasoso acoplado a um espectrômetro de massa. Adaptado de Sparkman (2011).

2.4.3.1. Técnica de extração

A técnica de extração utilizada na experiência práticas foi a micro extração em fase sólida (*SPME* – *Solid Phase Microextraction*). Esta técnica de extração (Figura 25) é realizada sem a aplicação de solventes e pode ser efetuada na determinação de voláteis no espaço vazio, (*headspace*), designando-se por *HS-SPME* (*Headspace- Solid Phase Microextraction*), entre as amostras sólidas ou aquosas e os *vials*¹³, ou diretamente na amostra aquosa (imersão direta) para determinar os semivoláteis, designando-se por *DI-SPME* (*Direct Immersion – Solid Phase Microextraction*) (Sparkman, 2011).

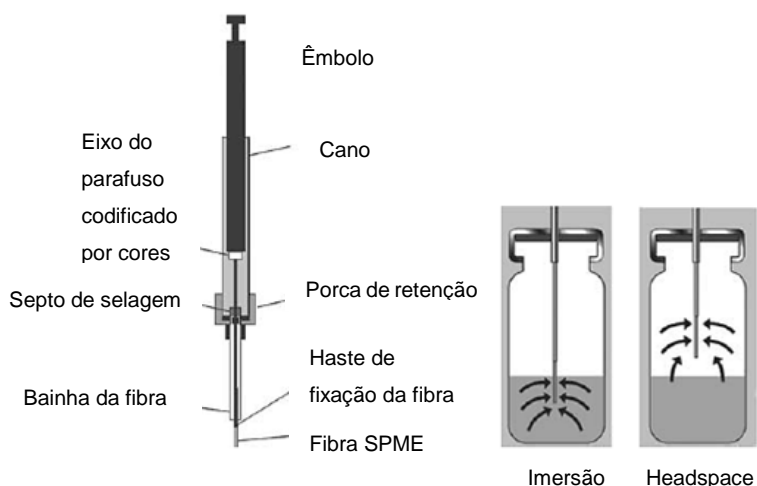


Figura 25. À esquerda, fibra SPME. À direita, extração por DI-SPME e por HS-SPME. Adaptado de Hubschmann (2015).

¹³ Termo que se aplica aos pequenos frascos que contêm a amostra com os voláteis a extrair.

A amostra a analisar (sólida ou aquosa) é colocada no *vial* que é fechado com uma tampa equipada com um septo. Antes de os voláteis serem extraídos, a amostra é geralmente incubada a uma temperatura constante, antes e durante o processo de extração, para obter a máxima recuperação dos voláteis (Hubschmann, 2015). No processo de extração, o analito difunde-se da fase gasosa, do *headspace* ou da amostra líquida para a superfície da fibra e distribui-se pelo material de revestimento. Após um intervalo de tempo determinado durante a fase de desenvolvimento do método para a análise particular, a fibra é retirada do *vial* e inserida na inserção do injetor onde os analitos são eluídos termicamente e transferidos para a coluna de GC (Sparkman, 2011).

Na técnica de *SPME*, são utilizadas fibras de sílica fundida, sob a forma de finas varetas, revestidas por um polímero absorvente semelhante à fase da coluna. A fase da fibra pode ser misturada com adsorventes sólidos, por exemplo, polímeros de divinilbenzeno (DVB), resinas moldadas ou carbonetos porosos. As fibras geralmente apresentam um comprimento médio entre 1 cm e 0,11 µm de comprimento. A fibra de sílica fundida (fibra *SPME*) é anexada a uma barra de metal, formando uma estrutura semelhante à de uma seringa. O êmbolo da “seringa” expõe a fibra para perfuração dos septos e extração da amostra e retrai a fibra para armazenamento (Hubschmann, 2015).

2.4.3.2. Espectrometria de massa

Os espectrómetros de massa são instrumentos que analisam misturas de iões para componentes de diferentes massas, para determinação e quantificação dos analitos. À medida que a fase móvel sai da coluna e entra no espectrómetro, os seus componentes (o gás da fase móvel [e.g. hélio], as moléculas de analito e moléculas que se libertam da fase estacionária da coluna [e.g. siloxanos cíclicos] devido à decomposição da fase estacionária) são ionizados. Dependendo da técnica de ionização, os iões que representam as moléculas intactas dos analitos, podem ter energia suficiente para sofrer fragmentação em iões de massa menor. A formação e posterior deteção desses iões fragmentos e as suas abundâncias produzem o **espectro de massa**. Os espectros de massa são adquiridos um após o outro a uma taxa consistente (tempo). A partir dos espectros de massa constroem-se os **cromatogramas**: gráficos com a quantidade de analito (abundância) em função do tempo (valor m/z) (Sparkman, 2011).

2.4.4. Análise microbiológica

A análise microbiológica é um dos principais parâmetros de validação de produtos alimentares. Segundo o regulamento nº 2073/2005 da Comissão Europeia, “a segurança dos géneros alimentícios é principalmente garantida por uma **abordagem preventiva**, consubstanciada, por exemplo, na implementação de **boas práticas de higiene** e na aplicação de procedimentos baseados nos princípios da análise dos perigos e de pontos de controlo críticos (PCCs). Os

critérios microbiológicos podem ser usados na **validação e verificação de procedimentos do sistema HACCP** e de outras medidas de controlo da higiene” (Comissão Europeia, 2015b).

Os microrganismos associados a alimentos podem ser categorizados como "deteriorantes", "**patogénicos**" ou "úteis". Os microrganismos deteriorantes crescem nos alimentos e causam mudanças indesejáveis no sabor, consistência (corpo e textura), cor ou aparência. A presença destes microrganismos causa uma diminuição da qualidade das características do produto e a sua contínua proliferação conduz a uma possível falha na segurança microbiológica do mesmo. No entanto, é a presença dos agentes patogénicos que alerta para a perigosidade da ingestão dos alimentos que evidenciam a sua presença, conduzindo a doenças de origem alimentar (National Research Council (U.S.); Food Protection Committee; Subcommittee on Microbiological, 1990). As doenças de origem alimentar podem ser causadas através de três mecanismos diferentes: 1) Ingestão oral de microrganismos viáveis (**infecção**), 2) Ingestão de toxinas presentes nos alimentos antes destes serem consumidos (**intoxicação**), 3) Produção de toxinas dentro do organismo humano por ingestão prévia de microrganismos viáveis (**toxicoinfecção**) (Schaffner, 2008).

Tal como referido, o risco para os consumidores depende, em última análise, do número de agentes patogénicos consumidos e da frequência de exposição. Para estimar a dose ingerida é necessário ter dados, registados num intervalo de tempo, que indiquem a evolução da carga microbiológica de um alimento, i.e., a concentração do agente patogénico inicialmente presente no alimento e a evolução da mesma, no momento de consumo e / ou fim do prazo de validade do alimento em questão (Schaffner, 2008). Os dados da evolução da concentração do agente patogénico conferem informação sobre fatores intrínsecos (i.e., pH, teor de umidade, potencial de oxidação-redução, conteúdo nutricional, constituintes antimicrobianos, estruturas biológicas) e extrínsecos ao alimento (i.e., temperatura de armazenamento, humidade relativa do ambiente, presença e concentração de gases e presença e atividades de outros microrganismos) (Jay, et al., 2005).

É, no entanto, importante enfatizar que os testes diretos a microrganismos patogénicos e as suas toxinas, exceto *Salmonella sp.* e *Staphylococcus aureus*, não são rotineiramente aplicados para fins de controlo de qualidade. A maioria dos critérios destinados a garantir a segurança alimentar baseia-se em testes de **microrganismos indicadores** cuja presença sugere a possibilidade de risco, não relevando o perigo em si (National Research Council (U.S.); Food Protection Committee; Subcommittee on Microbiological, 1990).

Os microrganismos indicadores representam certos grupos ou espécies de microrganismos, cuja presença em alimentos indica a possibilidade de ocorrência de contaminação de origem fecal ou declara a presença de patogénicos, além de poderem indicar condições sanitárias inadequadas durante o processamento, produção ou armazenamento. Idealmente, os microrganismos indicadores são rapidamente detetáveis e enumeráveis, possuindo características típicas de sobrevivência semelhantes às dos microrganismos patogénicos (National Research Council (U.S.); Food Protection Committee; Subcommittee on Microbiological, 1990).

Segundo a *International Commission on Microbiological Specifications for Foods* (ICMSF), os microrganismos indicadores podem ser agrupados em dois grupos: 1) “Microrganismos que não oferecem um risco direto à saúde” (mesófilos, psicrotróficos e termófilos; bolores e leveduras), e 2) “Microrganismos que oferecem um risco baixo ou indireto à saúde” (bactérias do grupo coliformes totais e coliformes fecais, bactérias do género *Enterococcus*, bactérias da família *Enterobacteriaceae* e ainda a bactéria *Escherichia coli*) (National Research Council (U.S.); Food Protection Committee; Subcommittee on Microbiological, 1990).

A análise microbiológica efetuada ao Bombom Pastel de Nata teve como objetivo a quantificação dos seguintes microrganismos indicadores: mesófilos, bolores e leveduras, coliformes, *E. Coli*; e dos microrganismos patogénicos: *Salmonella* sp..

Os microrganismos mesofílicos representam um dos indicadores mais gerais e amplamente utilizados no controlo da qualidade dos alimentos, indicando a adequação do controlo de temperatura e higienização durante o processamento, transporte e armazenamento; e fontes de contaminação durante o processo de produção (Herrera, 2001).

Quanto ao grupo dos bolores e leveduras, as últimas geralmente não se encontram associadas a doenças transmitidas por alimentos. No entanto, os bolores, podem produzir uma variedade de toxinas à medida que proliferam nos alimentos. As leveduras e os bolores encontram-se amplamente distribuídos no meio ambiente e podem contaminar os alimentos através de equipamentos inadequadamente higienizados ou por via aérea. O seu crescimento é predominante nos alimentos cujo crescimento bacteriano é menos favorável, i.e., alimentos com baixo teor de álcool, baixo pH, alto teor de sal ou alto teor de açúcar (Schaffner, 2008).

Os coliformes são bactérias da família *Enterobacteriaceae* e, embora sejam consideradas características do trato intestinal (e.g. *E. coli*), nem todas se encontram associadas a matéria fecal, podendo ser encontradas em meios como o solo, a água e a vegetação (e.g. *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*, *Erwinia*, *Aeromonas*), sendo a sua presença erradamente associada à presença automática de contaminação de origem fecal ou presença de patogénicos. Pequenos números de coliformes podem ser encontrados em alimentos crus como o leite, carne e vegetais e são facilmente destruídos por aquecimento imposto ao alimento. Por esta razão, a presença destes microrganismos nos alimentos é indicação de uma falha no processamento do alimento ou uma contaminação pós-processamento. A presença de coliformes fecais, pertencentes à família *Enterobacteriaceae*, indica a existência de uma contaminação pós-sanitização ou pós-processamento culinário muitas vezes causada por falta de higienização por parte dos manipuladores. Apesar deste grupo de coliformes compreender um número elevado de bactérias *E. coli*, a ecologia dos coliformes, prevalência e resistência às condições adversas do meio, diferem dos microrganismos patogénicos para os quais são próximos. Assim, a escolha do grupo de microrganismo indicadores de contaminação fecal tende a recair sobre a pesquisa de *E. coli* (Scott et al., 2002).

Quanto às bactérias do género *Salmonella*, estas são bacilos gram-negativos, pertencentes à família *Enterobacteriaceae* (i.e., enterobactérias). O género de bactérias *Salmonella* abrange mais de 2500 espécies diferentes, sendo que a maioria das infeções causadas por estas bactérias encontra-se associada com a ingestão de alimentos contaminados como ovos, carne, leite e derivados e vegetais, dando origem às doenças de salmonelose ou ainda febre tifoide (Scott et al., 2002).

2.4.5. Análise sensorial

Na indústria alimentar, a análise sensorial constitui uma ferramenta importante nos departamentos de I&D e de marketing, fornecendo informações que ajudam a orientar o desenvolvimento de novos produtos e a sua estratégia comercial (Kemp et al., 2009).

A combinação entre os dados obtidos dos testes sensoriais e instrumentais, pode fornecer informações sobre as propriedades químicas e físicas, gerando atributos sensoriais nos produtos analisados. Uma das aplicações da análise sensorial relaciona-se com a validação dos produtos alimentares, antes de serem lançados no mercado e a obtenção de dados sobre possíveis parâmetros que devam ser ajustados (e.g. sabor, textura, aroma), permitindo a implantação de mudanças nos ingredientes brutos ou modificações no processo de produção, de modo a melhorar a aceitabilidade do produto (Kemp et al., 2009).

Para muitos produtos, as propriedades sensoriais deterioram-se primeiro que surjam alterações por via microbiana. Assim, dados obtidos das análises microbiológica e sensorial, podem ser conjugados e utilizados para determinar a vida útil e a variabilidade do produto (diferenças entre o mesmo tipo de produto devido a variações que ocorrem no processo de produção [e.g. menos tempo de permanência no forno, pode resultar em pastéis de nata com menos estabilidade microbiológica e organolética]).

Os testes realizados na avaliação sensorial podem ser divididos em dois grupos: objetivos e subjetivos.

Os testes objetivos fornecem dados objetivos sobre as propriedades sensoriais dos produtos e são realizados por provadores treinados. Existem duas classes de testes objetivos:

- **Testes discriminativos:** determine se existem diferenças sensoriais entre as amostras.
- **Testes descritivos:** identifique a natureza de uma diferença sensorial e / ou a magnitude da diferença.

Os testes subjetivos são conhecidos como testes afetivos ou de consumo. Estes testes fornecem dados subjetivos sobre a aceitação, gostos ou preferências, e são realizados por provadores não treinados (Kemp et al., 2009). Os testes afetivos encontram-se divididos em dois tipos de testes:

- **Testes qualitativos**
- **Testes quantitativos**

Os testes afetivos qualitativos baseiam-se na avaliação de produtos por grupos de foco (8-12 indivíduos), enquanto que nos testes quantitativos (de preferência, de aceitação, de painel de consumidor), o número de provadores varia. Na avaliação sensorial da componente experimental, aplicou-se um teste afetivo quantitativo de aceitação. Este teste permite avaliar o quanto o produto é apreciado. A avaliação dos produtos analisados por testes de aceitação, é feita através da pontuação dos atributos do produto por escalas hedônicas (O'Sullivan, 2017).

Capítulo III – Materiais e métodos

A importância das características da textura para a aceitabilidade dos alimentos varia com o tipo de alimento. Os consumidores consideram a textura, juntamente com o sabor, os atributos mais importantes dos alimentos (Vliet, 2014).

No trabalho experimental, foram realizados diferentes tipos de testes com o propósito de caracterizar o novo produto alimentar desenvolvido, que apresenta diferentes tipos de texturas. O desenvolvimento dos diferentes tipos de texturas incluiu: uma esfera de calda de canela encapsulada em alginato, um creme de pastel de nata e uma camada crocante de massa folhada.

No trabalho experimental, o Bombom Pastel de Nata foi testado paralelamente com um pastel de nata selecionado (para posterior comparação dos resultados dos testes realizados). O pastel de nata escolhido é da pastelaria “Fim de século”, situada em Benfica, Lisboa. Esta pastelaria ganhou o prémio do concurso “O melhor pastel de nata”, organizado pelo festival gastronómico “Peixe em Lisboa”, edição de 2016 (período no qual o trabalho experimental teve início).

3.1. Materiais

Os materiais aplicados na experiência prática encontram-se listados nas tabelas 4 e 5. A tabela 5 refere-se aos hidrocolóides aplicados no trabalho experimental, e a tabela 4 apresenta outros produtos usados na preparação do Bombom Pastel de Nata.

Tabela 4. Características técnicas dos produtos utilizados no trabalho experimental.

Produto	Marca	Observações do fabricante
Manteiga de cacau	Barry (Mycryo)	100% manteiga de cacau
Isomalte	Home Chef	Pode-se substituir a sacarose numa relação 1: 1 sem alterar as características físicas do produto final. Estável a altas temperaturas sem fornecer cor (150°C). Características: POD 50%
Açúcar branco	Continente	
Leite meio gordo	Continente	
Farinha de trigo tipo 55	Continente	
Amido de milho	Maizena	
Canela	Espiga	
Limão	Continente	
Ovos	Continente	
Massa folhada	Continente	

Tabela 5. Características técnicas dos hidrocolóides aplicados na parte experimental. (Cocineros, 2017).

Hidrocolóide	Dose de aplicação	Propriedades funcionais	Observações do fabricante
Goma de xantana (marca Sosa)	2-5 g/kg	Espessante, emulsionante, suspensor	Modo de aplicação: dissolver em frio ou quente. Misturar com uma varinha mágica. Aplicação: qualquer tipo de líquido com um teor de água superior a 80%. Observações: resistente ao calor, congelamento. Termoreversível.
Alginato de sódio (marca Sosa)	5 g/kg	Agente gelificante ao interagir com meios de cálcio	Modo de aplicação: misturar no banho de água. Aplicação: qualquer líquido com um pH ≥ 4 e um teor de água superior a 80% (esferificação direta). Observações: sozinho atua como um espessante. Usar água mineral na esferificação inversa. Em meios com gordura apresenta problemas de dissolução. Em meios com álcool oferece problemas dependendo do grau do álcool e falta de água.
Gluconolactato de cálcio (marca Sosa)	20 g/kg	Fonte de cálcio	Aplicação: misturas pobres em cálcio para realizar esferificações inversas.
Elastic (marca Sosa) [carragenina + goma de alfarroba]	25-50 g/kg	Agente gelificante muito elástico	Modo de aplicação: despejar o pó com os sólidos restantes no líquido e aquecer. Aplicação: qualquer processamento líquido. Observações: resiste ao congelamento. Elaboração: Gelatinas elásticas.

3.2. Métodos

3.2.1. Preparação do Bombom Pastel de Nata

O desenvolvimento do Bombom Pastel de Nata sofreu um processo evolutivo, intrínseco ao desenvolvimento de novos produtos alimentares. No entanto, algumas das suas características, nomeadamente de textura, foram determinadas nas primeiras fases de desenvolvimento. A textura, de facto, foi um fator importante no planeamento das diferentes camadas do bombom. A “experiência social” que as diferentes texturas conferem, pretende proporcionar, a quem prova o bombom, um “fator surpresa”. Quando “montado”, o bombom apresenta uma forma esférica que engloba as suas camadas (Figura 26).

No capítulo II (revisão bibliográfica) foram apresentados vários modelos de etapas de desenvolvimento de novos produtos. Alguns dos modelos mais complexos, os que se aplicam a empresas ou indústrias com produção em grande escala, são constituídos por diferentes processos de aceitação (e.g. testes de mercado ou testes de painel do consumidor). Estes testes permitem verificar a aceitabilidade do produto em questão, e detetar possíveis frangibilidades. No trabalho experimental realizou-se um teste de aceitação do Bombom Pastel de Nata, através de uma análise sensorial. Tratando-se do desenvolvimento de um produto para fins académicos,

com produção em pequena escala, algumas das etapas de desenvolvimento de novos produtos foram suprimidas, como o *design* de embalagem, desenvolvimento de uma estratégia de marketing e lançamento e comercialização do produto. No entanto, verifica-se que existem etapas que são inerentes a qualquer tipo de novo produto desenvolvido, como a geração de ideias (neste caso, as ideias foram geradas pela autora), o desenvolvimento do produto (no trabalho experimental aplicaram-se as técnicas e os resultados obtidos foram avaliados através dos instrumentos de pesquisa) e como referido anteriormente, o teste de aceitação (realizado através de uma análise sensorial).

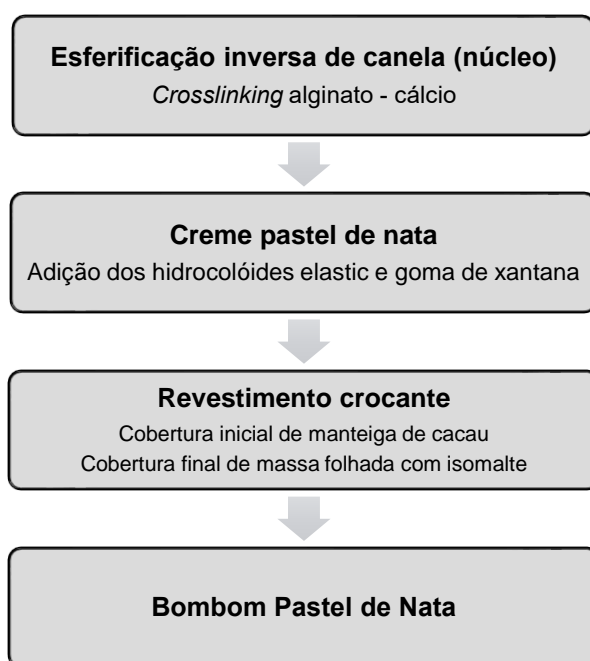


Figura 26. Esquema geral do procedimento de preparação do Bombom Pastel de nata.

3.2.1.1. Núcleo

O “núcleo” do Bombom Pastel de Nata consiste numa calda de açúcar fraca (101°C), na qual foi preparada uma infusão com paus de canela, encapsulada numa esfera de alginato, com recurso à técnica da esferificação inversa. Para a encapsulação da calda de canela foram utilizados três hidrocolóides: goma de xantana, alginato de sódio e gluconolactato de cálcio (fonte de cálcio que promove a gelificação). A receita da calda de canela encontra-se na Tabela 6.

Tabela 6. Receita da calda de canela.

Ingrediente	Quantidade	Porcentagem	Procedimento
Açúcar	250 g	50%	Colocar os ingredientes num tacho e levar ao lume até atingir o ponto de calda fraca (101°C). Deixar arrefecer e retirar paus de canela da calda.
Água	250 g	50%	
Paus de canela	2 unidades	-	

Após a finalização da receita, adicionou-se 1,5 g de goma de xantana (0,3 %) e 12,5 g de gluconolactato de cálcio (2,5%) à calda arrefecida à temperatura ambiente. A goma de xantana e o gluconolactato de cálcio foram dispersos e dissolvidos na calda, com recurso à varinha mágica.

O banho de gelificação foi preparado através da dissolução de 2,5 g de alginato (0,5 %) em 500 ml de água mineral, igualmente com recurso a uma varinha mágica. Antes de se ter procedido à técnica da esferificação inversa, a solução de alginato e a calda de canela com a goma de xantana foram reservadas durante aproximadamente 30 minutos, para eliminação das bolhas de ar.

No procedimento da esferificação inversa utilizou-se uma colher de medida de 1 ml para verter a calda de canela no banho de alginato. Antes de colocar a calda de canela na colher de medida, esta é mergulhada no banho de alginato para facilitar a formação das esferas. Após a calda de canela ser vertida no banho de alginato, as microesferas são deixadas no banho durante aproximadamente um minuto, para reforçar o *crosslinking* alginato-gluconolactato de cálcio na periferia da microesfera e, desta forma, aumentar a resistência destas a possíveis pressões mecânicas e/ou osmóticas. Após a obtenção das microesferas (Figura 27), estas são retiradas do banho de alginato e reservadas numa calda de canela, com a mesma formulação da anterior.



Figura 27. Esferificação inversa de canela.

3.2.1.2. Creme pastel de nata

A camada do bombom que cobre o núcleo é uma adaptação da receita do creme dos pastéis de nata (Tabela 7).

Tabela 7. Receita do creme pastel de nata.

Ingrediente	Quantidade	Procedimento
Açúcar	250 g	Colocar ingredientes num tacho e levar ao lume até atingir o ponto de fio (105°C). Remover o pau de canela e a casca de limão e reservar a calda.
Água	125 g	
Casca de limão	2 unidades	
Pau de canela	1 unidade	
Farinha de trigo tipo 55	33 g	Misturar a farinha de trigo com o amido de milho (e.g. Maizena) e 50 g de leite. Ferver as 200 g de leite e juntar à mistura anterior. Adicionar a calda. À parte, misturar as gemas e os ovos. Juntar esta mistura ao preparado anterior e aquecer até ferver. Retirar do lume. Retirar pau de canela e cascas de limão.
Amido de milho	5 g	
Leite	50 g + 200 g	
Ovos	25 g	
Gemas de ovo	70 g	

Após a confeção do creme, este foi deixado arrefecer até atingir a temperatura ambiente e nesta altura, procedeu-se à mistura de 750 g de creme, goma de xantana (2,3 g – 0,3%) e elastic (mistura de carragenina e goma de alfarroba) (3,8 g – 0,5%). Esta mistura foi triturada com uma varinha mágica para garantir a dispersão dos hidrocolóides (Figura 28).



Figura 28. Creme pastel de nata.

3.2.1.3. Revestimento crocante

A última camada do bombom pastel de nata é o revestimento crocante de massa folhada. Para proceder à preparação do revestimento crocante, a massa folhada (230 g) foi colocada num tabuleiro forrado com papel vegetal e cozida num forno, a 180°C, durante aproximadamente 15 minutos. Após estar cozida, foi deixada arrefecer até à temperatura ambiente e posteriormente foi triturada num processador de alimentos. Foi então misturada com isomalte (15 g) (Figura 29). Esta mistura foi espalhada num tabuleiro forrado com papel vegetal e levada novamente ao forno. À medida que o isomalte¹⁴ foi fundindo, foi necessário mexer a diversas vezes, de forma a que o isomalte cobrisse toda a superfície da massa folhada.



Figura 29. Mistura de massa folhada com isomalte, antes de ser colocada no forno.

¹⁴ Isomalte é um poliol obtido por transformação química e enzimática da sacarose, sendo uma mistura de dois compostos isoméricos: gluco-manitol (1-O- α -D-glucopiranosil-D manitol) e gluco-sorbitol (6-O- α -D-glucopiranosil-D-sorbitol). O isomalte foi descoberto na década de 1960 (Grembecka, 2015). O seu poder adoçante depende da concentração, da temperatura e do produto em que é utilizado. Em média, apresenta 45-65% do poder adoçante da sacarose. É resistente à perda de doçura durante o aquecimento, podendo ser aplicado em produtos submetidos a altas temperaturas. Apresenta uma baixa higroscopia, proporcionando uma textura crocante, bem como uma superfície lisa, em produtos de pastelaria e padaria. Não contribui para a ocorrência de uma reação de caramelização, tornando-se uma alternativa para produtos que não devam ganhar cor (European Polyol Association, n.d.). O isomalte é lentamente e apenas parcialmente digerido e absorvido no trato gastrointestinal superior, e a parte não absorvida (~ 90%) é fermentada pela microflora intestinal no intestino grosso. É considerado como GRAS pela FDA e de utilização segura pela EFSA, sendo o aditivo alimentar com a especificação “E 953”. Apesar de não existir um valor para “Ingestão Diária Aceitável”, o consumo de produtos com isomalte pode provocar efeitos laxantes. Desta forma, a União Europeia decretou que, “para garantir aos consumidores informações adequadas, os produtos que contenham mais de 10% de polióis adicionados devem incluir a declaração de aviso ‘o consumo excessivo pode produzir efeitos laxantes’” (Grembecka, 2015).

3.2.1.4. Montagem do Bombom Pastel de Nata

Para o bombom adquirir uma forma esférica, a montagem das suas camadas, fez-se com recurso a um molde de silicone¹⁵ apto para uso culinário, que é formado por duas partes: a base, em silicone branco, e a cobertura, em silicone transparente. Estas duas partes, emparelham-se a partir de ranhuras proporcionando um encaixe perfeito. Na parte superior da cobertura existem pequenas aberturas, cada uma com a sua respetiva tampa, que permitem a injeção do creme. Na primeira fase da montagem do bombom, colocou-se o creme pastel de nata, em cada concavidade semiesférica, da base do molde. O creme foi manuseado com um saco-pasteleiro que o permite escoar com precisão, preenchendo metade de cada semiesfera (Figura 30).

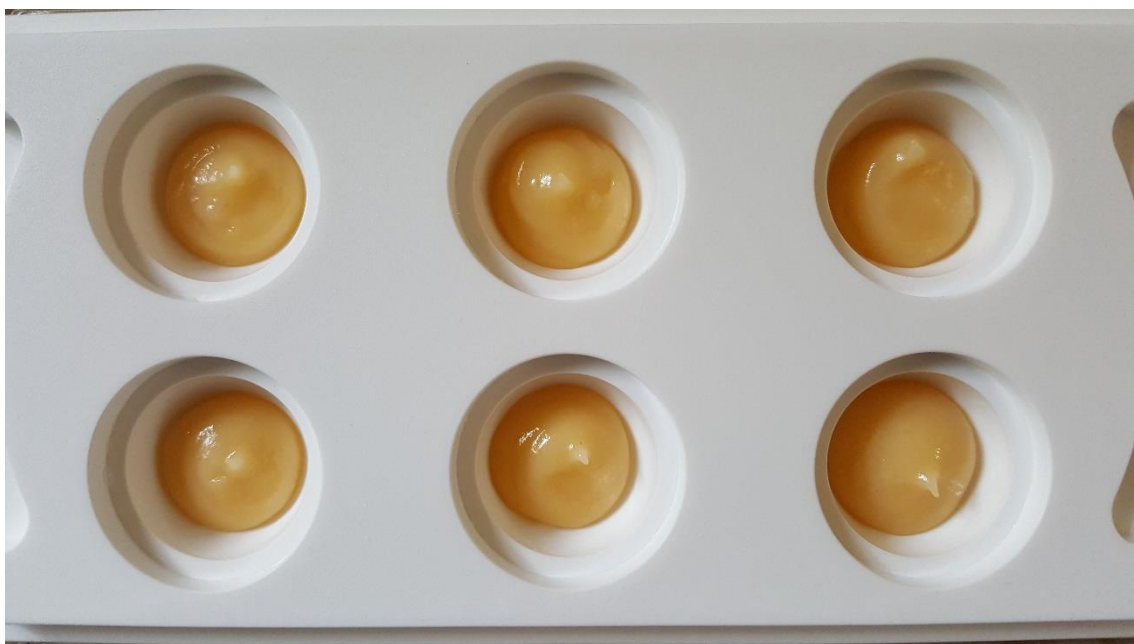


Figura 30. Primeira fase da montagem do Bombom Pastel de Nata: o creme é colocado em cada uma das concavidades semiesféricas.

De seguida, procedeu-se à colocação da esferificação inversa de canela, com a ajuda de uma colher, no topo do creme, em cada concavidade do molde (Figura 31).

¹⁵ Molde de silicone da marca Silikomart, modelo "MUL3D Ø 28 – FORMATO ESFERA". Dimensão das esferas: Ø 28 mm. Volume das esferas: 11,5 ml.

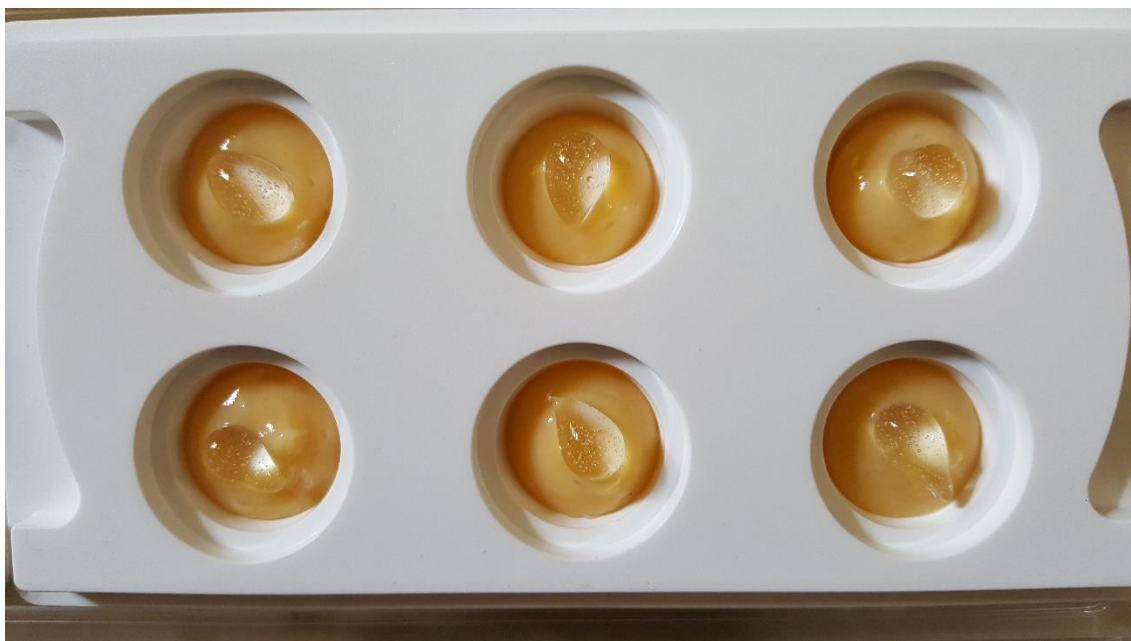


Figura 31. Segunda fase da montagem do Bombom Pastel de Nata: as esferificações inversas de canela são colocadas no topo do creme pastel de nata, em cada uma das concavidades semiesféricas.

Seguiu-se o preenchimento do restante espaço da esfera, com o creme pastel de nata. Para realizar esta operação, colocou-se a cobertura transparente sobre a base do molde. Colocou-se novamente o creme com recurso a um saco pasteleiro de forma a preencher todo o espaço vazio. No final, as pequenas tampas das aberturas são colocadas (Figura 32).



Figura 32. Terceira fase da montagem do Bombom Pastel de Nata: as esferas do molde de silicone são totalmente preenchidas com o creme pastel de nata.

O molde é posteriormente levado ao congelador ($T \pm -18^{\circ}\text{C}$), durante aproximadamente 3 horas, de forma a que, quando as esferas são retiradas do molde possam ser manuseadas mantendo a forma. As esferas, congeladas, são então mergulhadas em manteiga de cacau derretida em banho-maria (Figura 33, imagem à esquerda). O revestimento, fino e quase insípido, de manteiga de cacau, confere à esfera uma camada de proteção e evita a transferência de humidade do creme, para a massa folhada do revestimento, permitindo ainda a aderência da massa folhada (Figura 33, imagem à direita).

Após as esferas terem sido mergulhadas em manteiga de cacau, estas são imediatamente revestidas pela mistura massa folhada e isomalte. No final, as esferas são deixadas em repouso durante alguns minutos de forma a que a cristalização da manteiga de cacau permita a produção de cristais estáveis, conferindo à esfera uma camada mais resistente a pressões mecânicas, mas que se deixe quebrar à primeira dentada.



Figura 33. À esquerda, Bombom Pastel de Nata com a cobertura de manteiga de cacau visível. À direita, o Bombom Pastel de Nata coberto pelo revestimento crocante (bombom finalizado).

3.2.2. Análise das propriedades de textura

A caracterização da textura foi realizada através de um texturómetro, modelo TA.XT – plus da marca Stable Micro Systems (Reino Unido), com uma célula de carga de 5 Kg.

Recorrendo ao texturómetro realizaram-se três tipos de testes: 1) Teste de compressão, aplicado às esferificações inversas de calda de canela, 2) Teste de penetração simples, aplicada ao bombom finalizado e, 3) Teste de análise de perfil de textura, aplicada ao creme do Bombom Pastel de Nata e ao creme do pastel de nata referência.

Os resultados obtidos foram tratados estatisticamente com o objetivo de averiguar se as diferenças entre as variáveis analisadas (e.g. creme do bombom versus creme do pastel de nata referência) eram estatisticamente significativas. Para proceder à verificação de resultados

significativos, foi necessário recorrer ao teste de análise de variâncias, teste F, disponível no programa Microsoft Office Excel, que verifica se a homogeneidade das variâncias é cumprida. Para as amostras que cumpriram este pressuposto, aplicou-se o teste T que analisa grupos de duas amostras independentes com variâncias iguais, e encontra-se igualmente disponível no mesmo programa informático. As amostras que não cumpriram o pressuposto de homogeneidade de variâncias, foram analisadas com o teste T para amostras independentes com variâncias desiguais.

3.2.2.1. Ensaios de compressão ao “núcleo” do Bombom Pastel de Nata

O teste de compressão (Figura 34) foi efetuado às esferificações inversas de calda de canela para determinar a influência do tempo de permanência das esferificações, em banhos de gelificação (*crosslinking* cálcio-alginato durante diferentes tempos: 1 min, 5 min, 10 min, 15 min e 20 min). Os testes foram realizados com uma sonda plana de alumínio de 75 mm de diâmetro (P/75), a 0,5 mm/s.

As amostras foram submetidas a dois tipos de teste: 1) Testes de compressão para avaliar a deformação máxima elástica (antes de se verificar a rutura das esferificações) a 60 % e a 40% (em compressão a 40 %, foram testadas esferificações com diferentes tempos de permanência do banho de gelificação: 5 e 20 minutos) e 2) Testes de compressão a 30% através dos quais se analisou a influência do tempo de permanência das esferificações em banhos de gelificação, na sua componente elástica. Para os testes de compressão a 30% foram efetuadas dez repetições para cada tempo de permanência no banho.

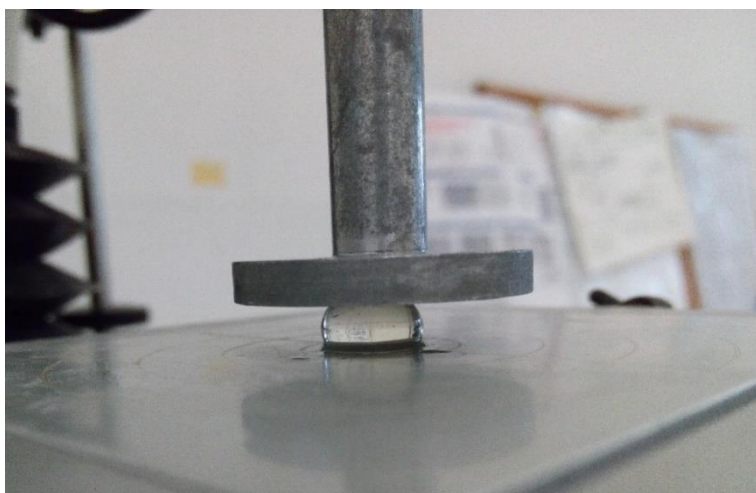


Figura 34. Compressão da esferificação inversa de canela.

3.2.2.2. Ensaios de penetração ao Bombom Pastel de Nata (final)

A dureza do revestimento crocante do bombom e do seu recheio foi avaliada através de um simples teste de penetração (Figuras 35 e 36). Utilizou-se uma sonda cilíndrica de metal, com 4 mm de diâmetro (P/4) que perfurou o bombom 25 mm, a uma velocidade de 1 mm/s.

Os testes foram realizados em diferentes momentos temporais, tendo sido realizado um teste inicial (dia 1) e um teste final (dia 5), para avaliar a influência do tempo na textura do bombom. Os bombons foram conservados em pequenas caixas de cartão, frequentemente utilizadas no condicionamento de produtos de pastelaria, guardadas no frigorífico a 5°C. Antes de cada teste, as amostras foram mantidas dentro da caixa de cartão, numa sala de ambiente controlado ($20 \pm 1^\circ\text{C}$), durante 30 minutos. Efetuaram-se 10 réplicas de cada ensaio.

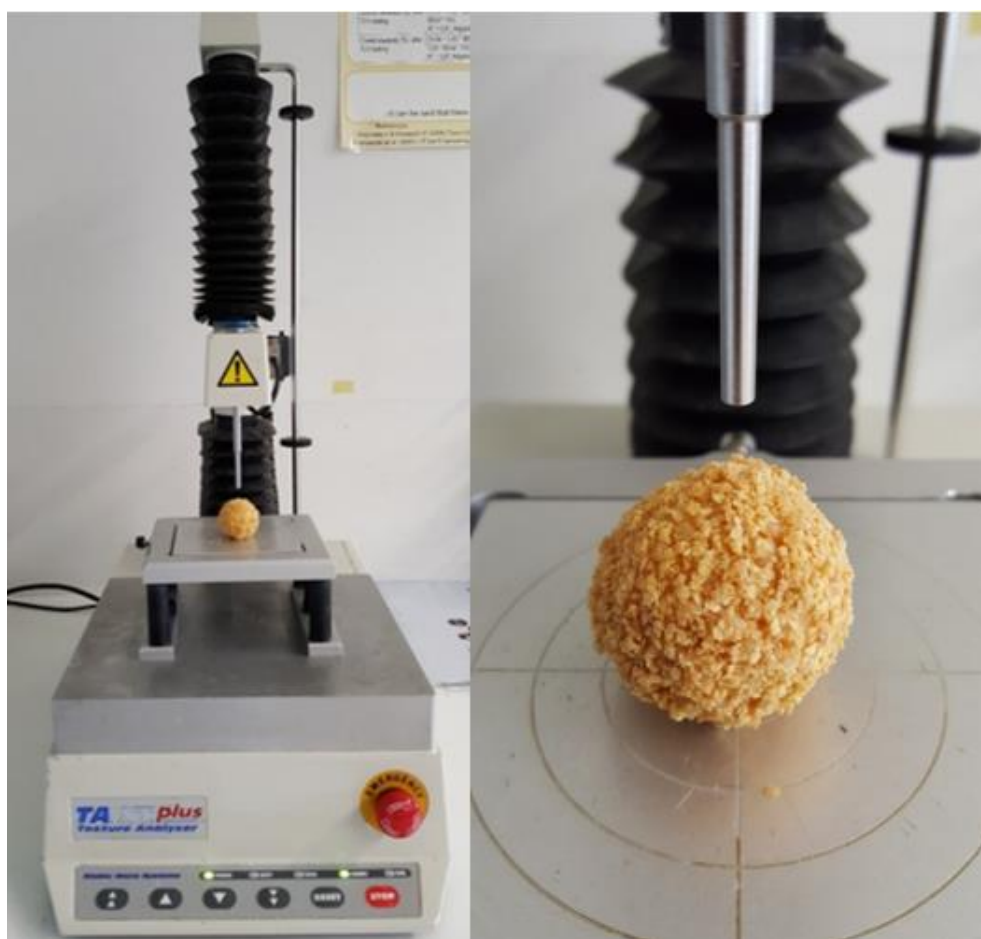


Figura 35. Teste de penetração do Bombom Pastel de Nata: configuração inicial da sonda.



Figura 36. Teste de penetração do Bombom Pastel de Nata: entrada da sonda no interior do bombom.

3.2.2.3. Análise de Perfil de Textura do bombom e do pastel de nata referência

No teste de análise de perfil de textura (Figura 37), analisaram-se duas amostras: o creme do bombom pastel de nata e o creme do pastel de nata referência. Utilizou-se uma sonda cilíndrica acrílica com 10 mm de diâmetro. Definiu-se a velocidade de teste de 1 mm/s (quando a sonda entra em contacto com a amostra) e a velocidade de pós-teste para 2 mm/s (quando a sonda se afasta da amostra). A distância percorrida pela sonda foi de 6 mm. Os cremes foram colocados em frascos de vidro com 35 mm de altura. Foram efetuadas cinco repetições para cada amostra. As amostras foram sujeitas a dois ciclos de penetração intervalados por 5 segundos.

A partir dos texturogramas, obtiveram-se os parâmetros que discriminam as amostras: a firmeza (N), a adesividade (-N/s) e a coesividade.

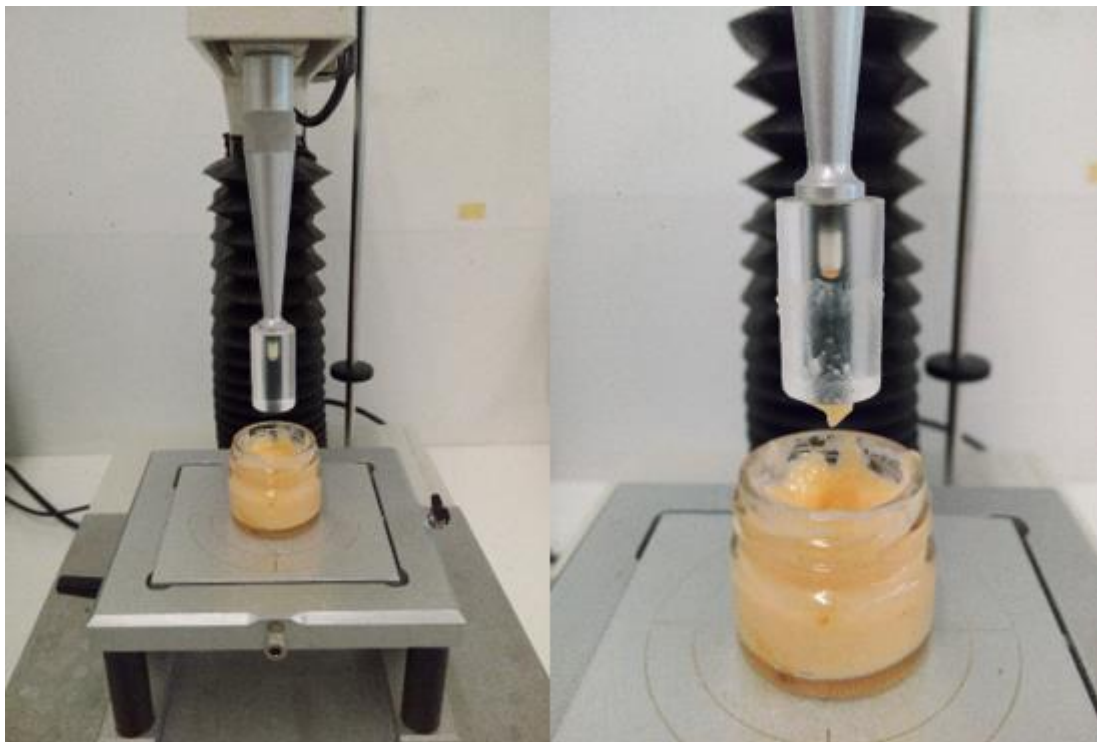


Figura 37. Teste de análise de perfil de textura do creme do Bombom Pastel de Nata. À esquerda, configuração inicial da sonda. À direita, teste finalizado.

3.2.3. Análise das propriedades reológicas

A caracterização das propriedades reológicas dos cremes foi realizada através de um reómetro da marca Haake, modelo RS-75 (Alemanha), com um sistema recirculador (DC5) para controlo da temperatura (Figura 38).

Recorrendo ao reómetro, realizaram-se ensaios dinâmicos para a caracterização reológica do creme do Bombom Pastel de Nata e do creme do pastel de nata referência: 1) Teste de varrimento de tensão; 2) Teste de varrimento de frequência; 3) Curvas de escoamento.

A avaliação das características reológicas dos cremes do Bombom Pastel de Nata e do pastel de nata referência, foram realizados a 20°C. As amostras foram colocadas em pratos paralelos serrados (PP35) com um intervalo constante (*gap*) de 1 mm de espaçamento entre estes. As amostras foram cobertas com parafina líquida de modo a evitar perdas por desidratação¹⁶.

¹⁶ A perda de humidade de uma amostra ocorrer durante: (1) um teste de longa duração, a baixa temperatura; (2) um teste de curta duração, a alta temperatura; (3) quando a humidade da atmosfera circundante é baixa. A parafina líquida é colocada na borda da amostra para evitar a perda de humidade, evitando que esta penetre na amostra (Rao, 2007).

Realizaram-se testes reológicos oscilatórios iniciais de varrimento de tensões, para determinar a zona viscoelástica linear dos cremes. A tensão aplicada às amostras variou entre 0,001 Pa e 10000 Pa, a uma frequência constante de 1 Hz.

Após a determinação da zona viscoelástica linear, realizaram-se testes oscilatórios de varrimento de frequência (espetros mecânicos), a uma tensão constante de 10 Pa (contida na zona de viscoelástica linear), para determinar as variações dos módulos viscoelásticos G' e G'' , em função da frequência, assim com o valor da tangente de δ que é calculado através da equação 1:

$$\tan \delta = \frac{G''}{G'}$$

O cálculo da tangente de δ foi efetuado a ambos os cremes analisados. Após a obtenção dos valores do cálculo da equação 1, selecionou-se o valor mais baixo de cada creme, para no fim de proceder à leitura do valor que corresponde à região de Plateau. Este valor é lido no G' que é sempre superior a G'' , nesta região. O valor de G' no plateau, obtido para o valor mínimo de $\tan \delta$, é conhecido como o módulo de plateau G_N^0 (Pa) que empiricamente pode ser determinado pela seguinte equação 2:

$$G_N^0 = G'(\omega)_{\tan \delta \rightarrow \min}$$

Foram também realizadas curvas de escoamento dos cremes do bombom e do pastel de nata referência para determinar a viscosidade aparente, em função da velocidade de deformação. O índice de escoamento (n) e a consistência (K , em Pa.s^n) decorrentes do modelo de escoamento da lei de potência foram obtidos com a aplicação de velocidades de deformação entre 10^{-2} (s^{-1}) e 10^3 (s^{-1}).

A Lei da Potência (modelo de *Ostwald-de Waele*), representada na equação 3:

$$\eta_{ap} = k \times \dot{\gamma}^{n-1}$$

Onde η_{ap} é a viscosidade aparente, $\dot{\gamma}$ é a taxa de deformação, k é chamada de consistência (Pa.s^n) e n de índice de escoamento (adimensional). Para os fluidos não-newtonianos, o índice n varia entre 1 e 0.

A lei da potência é aplicada à linha do declive da reta de um gráfico logarítmico, e é expressa pela seguinte equação:

$$\log \eta_{ap} = \log k + (n - 1) \times \log \dot{\gamma}$$

Os valores de $\log \eta_{ap}$, $\log k$, n e de $\log \dot{\gamma}$, foram calculados a partir da equação da reta ($y = mx + b$), substituindo os valores de m e b pelos valores correspondentes, $n - 1$ e $\log k$, obtidos através de uma regressão linear.

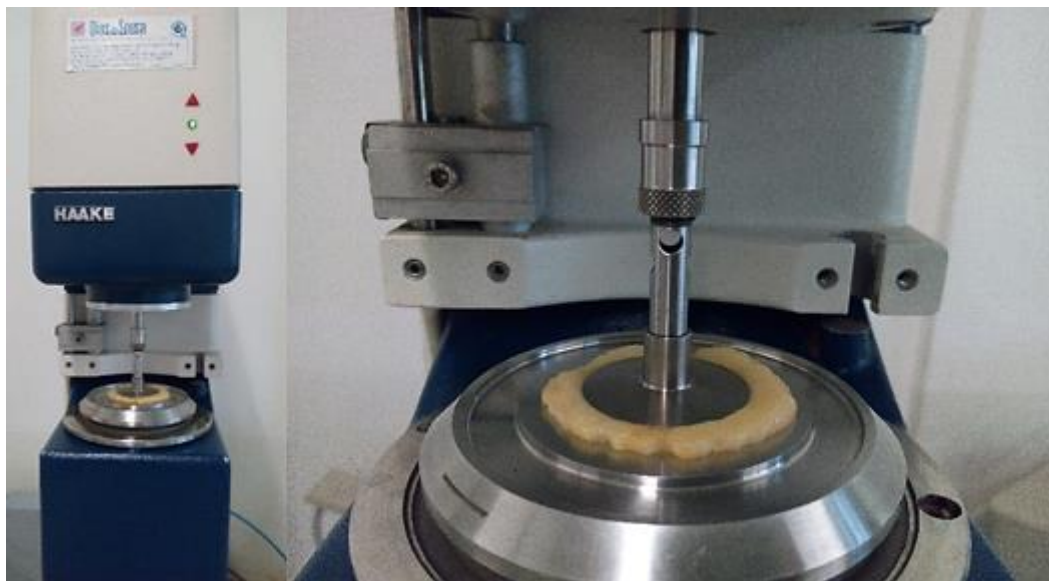


Figura 38. Caracterização reológica do creme do Bombom Pastel de Nata no reômetro Haake (modelo RS-75).

Os resultados que são apresentados do creme do bombom e do pastel de nata referência, resultam da seleção de uma réplica de cada creme, do total de réplicas que foram analisadas. Verificou-se existir uma diversidade de valores entre as réplicas analisadas. Esta diversidade, tanto das réplicas do bombom como das réplicas do pastel de nata referência, pode evidenciar a variabilidade associada à produção dos produtos alimentares, sendo por um lado a evidência da variabilidade na produção artesanal (bombom) e por outro, a evidência da produção mais “industrial” de uma pastelaria (pastel de nata referência). A seleção de uma única réplica teve como objetivo comparar os resultados obtidos dos cremes, através da escolha da melhor réplica das amostras testadas. A réplica escolhida para cada creme apresenta valores intermédios quanto aos valores do conjunto de réplicas que foram analisadas de cada creme.

3.2.4. Atividade de água (a_w)

A determinação da atividade de água foi realizada às esferificações inversas de canela, aos cremes do bombom e do pastel de nata referência e ao revestimento crocante de massa folhada.

Foi utilizado o equipamento HygroPalm HP23-AW (Rotronic) a uma temperatura de $20 \pm 1^\circ\text{C}$. Efetuaram-se 10 réplicas para cada conjunto de amostras.

3.2.5. Sólidos Solúveis Totais (Grau Brix)

A escala Brix é definida pelo número de gramas de açúcar contidos em 100 g de solução de sacarose. A medição do grau brix ($^\circ\text{B}$) foi realizada à calda de canela (antes de ser encapsulada na esferificação inversa) e aos cremes do bombom e do pastel de nata referência. Para a determinação dos Sólidos Solúveis Totais (SST) usou-se o refratômetro de bolso PAL-1 (EUA) que foi calibrado com água destilada à temperatura ambiente. Efetuaram-se 10 réplicas para cada conjunto de amostras.

3.2.6. Cromatografia gasosa

A análise aos compostos voláteis do bombom pastel de nata e do pastel de nata referência foi efetuada por cromatografia gasosa com recurso à espectrometria de massa (GC-MS).

Os compostos voláteis extraídos por HS-SPME foram analisados num equipamento de GC-MS (Agilent Technologies, EUA) (Figura 39), com um GC (Modelo 6850) acoplado a um espectrómetro de massa (5975C VL MSD). Após a realização da análise, os compostos voláteis presentes em ambas as amostras, foram analisados e comparados.



Figura 39. Equipamento de GC-MS.

3.2.6.1. Preparação das amostras e as condições de extração por HS-SPME

Antes da realização da extração dos compostos voláteis, procedeu-se à preparação das amostras e dos *vials* nos quais, os compostos voláteis das amostras foram extraídos.

As amostras do bombom e o pastel de nata foram congelados em azoto líquido (para facilitar o processo), fragmentados em pequenas porções e posteriormente trituradas.

Os *vials* de 10 mL onde as amostras foram colocadas foram previamente submetidos a três etapas de limpeza: 1) com uma diluição de 10% de Extran¹⁷ em água; 2) com água destilada; 3) com água Milli-Q¹⁸.

Após os *vials* estarem preparados, as amostras foram colocadas no seu interior e tapadas com tampas constituídas por uma camada de politetrafluoretileno (i.e., teflon) e uma camada de borracha, que permitem a introdução da fibra *SPME*. Posteriormente, os frascos foram colocados num equipamento de ultrassons¹⁹ e submetidos a 37 kHz, durante dez minutos, a 60°C (Figura 40).

Seguiu-se a extração dos voláteis. Para promover a libertação dos compostos voláteis para o *head-space*, os *vials* com as amostras foram colocados num *gobelet* com água a $60 \pm 2^\circ\text{C}$, colocado numa placa de agitação magnética com aquecimento²⁰. A extração foi realizada durante 45 minutos com recurso a uma fibra de polidimetilsiloxano/divinilbenzeno (PDMS-DVB) com 65 µm de comprimento. Após o fim da extração, a fibra foi retirada do interior do *vial* e colocada na inserção do injetor do cromatógrafo.

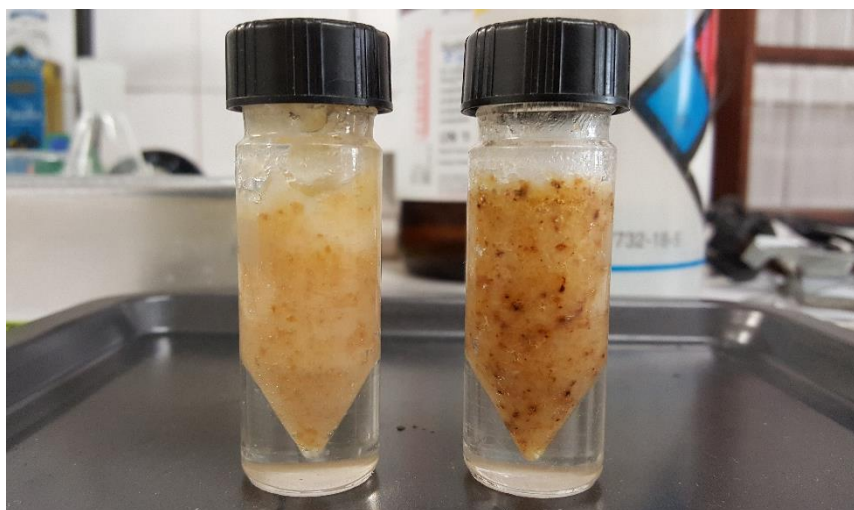


Figura 40. *Vials* com as amostras, após submetidas aos ultrassons. À direita, o pastel de nata referência e à esquerda, o Bombom Pastel de Nata.

¹⁷ Produto de limpeza da marca Merck, isento de resíduos (Merck, 2017a).

¹⁸ Água desionizada da marca Merck (Merck, 2017b)

¹⁹ Equipamento de ultrassons da marca Elma, modelo Elmasonic P, função *pulse*. (Elma, 2017)

²⁰ Placa de agitação magnética com aquecimento da marca Selecta P, modelo Agimatic-N. (JP SELECTA)

3.2.6.2. Testes preliminares e escolha do método de extração

Para determinar a eficácia da análise e determinação do perfil de compostos voláteis do pastel de nata, efetuaram-se diferentes testes preliminares, realizando o procedimento comum aplicado à análise dos voláteis em alimentos. Com os resultados obtidos, verificou-se que o perfil aromático de ambas as amostras, apresentavam resultados inconclusivos por não permitirem a identificação dos compostos voláteis com uma margem de certeza satisfatória. Assim, procedeu-se à realização de dois outros testes, com a aplicação da técnica *salting-out* (Tabela 8). Esta técnica consiste em adicionar um sal, tendo-se selecionado o NaCl no trabalho experimental, com o objetivo de diminuir a solubilidade das moléculas dissolvidas, resultando na sua expulsão da fase aquosa. Ou seja, nos testes preliminares adicionou-se NaCl para melhorar a deteção e identificação dos compostos voláteis.

Tabela 8. Testes preliminares de GC-MS realizados aos cremes.

Amostra	Designação	Condições de teste
A	Pastel de nata referência	Sem adição de NaCl
B	Bombom pastel de nata	Sem adição de NaCl
C	Bombom pastel de nata	Adição de uma solução de NaCl a 30%
D	Bombom pastel de nata	Adição de 30% de NaCl

Concluiu-se que o método de *salting-out* permitiu a obtenção de resultados mais conclusivos em relação à identificação dos compostos voláteis. Assim, nos restantes testes de GC-MS, adicionou-se 0,5 g de NaCl a cada amostra (8 g) do bombom pastel de nata e do pastel de nata referência.

3.2.6.3. Tratamento dos dados

O primeiro passo do tratamento dos dados foi identificar as substâncias detetadas pelo espectrómetro de massa. As substâncias detetadas foram apresentadas pelo software de GC-MS, através de gráficos que apresentam a abundância do analito em função do seu tempo de retenção (valor m/z).

Através de uma base de dados de espectros de massa, NIST (*National Institute of Standards and Technology*), analisaram-se as substâncias encontradas que foram comparadas com as substâncias presentes na base de dados. As identificações das substâncias foram obtidas por comparação com os padrões espectrais da biblioteca, com ajustes superiores a 85% (probabilidades estatísticas tipo “*Match*”). Os compostos voláteis foram positivamente

identificados pela verificação das semelhanças entre os padrões da biblioteca e os espectros obtidos, quanto aos dados espectrais de massa, tempos de retenção e índices de retenção Kovats. Apesar de os tempos de retenção serem muitas vezes utilizados como uma ferramenta válida de identificação das substâncias detetadas, possíveis variações, com as que são provocadas pelo envelhecimento da coluna, podem tornar este tipo de identificação menos correto. (Hubschmann, 2015). Assim, na pesquisa de referências literárias das substâncias encontradas, recorreu-se aos índices de retenção (RI – *Retention Index*), por tomarem valores fixos. Os índices de retenção utilizados foram o de Kovats²¹.

3.1.1. Análise microbiológica

A análise microbiológica do bombom pastel de nata foi realizada pelo Laboratório de Microbiologia do Instituto Superior de Agronomia. Realizaram-se as contagens de mesófilos, de bolores e leveduras, coliformes, *E. coli* e *Salmonella sp*, seguindo os procedimentos referidos nas legislações ISO 6610, NP 3277-1, NP 3788, ISO 16649-2 respetivamente. A pesquisa de *Salmonella sp* foi realizada entre o primeiro (T0) e o último dia (T1) do prazo de validade estabelecido (5 dias). Durante o período T0 – T1, os bombons foram conservados no frigorífico. O prazo de validade estabelecido (5 dias), foi escolhido de acordo com dados presentes na literatura, referentes a produtos “prontos a comer” com a designação “consumir até” (Food Safety Authority of Ireland, 2014) e “produtos de pastelaria/padaria” (FAO, 1992; Galić et al., 2009), pretendo avaliar a estabilidade do produto no fim do prazo estabelecido.

3.1.2. Análise sensorial ao Bombom Pastel de Nata

A avaliação sensorial decorreu na sala de provas Edifício Ferreira Lapa, no Instituto Superior de Agronomia (ISA). A sala de provas dispõe de 6 câmaras de prova individuais (Figura 41) que se encontram de acordo com a NP 4258:1993 (Instituto Português da Qualidade, 1993).

²¹ O índice de Kovats baseia-se numa série de n-alcanos que é usada como padrão. A cada n-alcano é atribuído o valor do seu número de átomos de carbono multiplicado por 100. O resultado obtido é o índice de retenção da molécula.

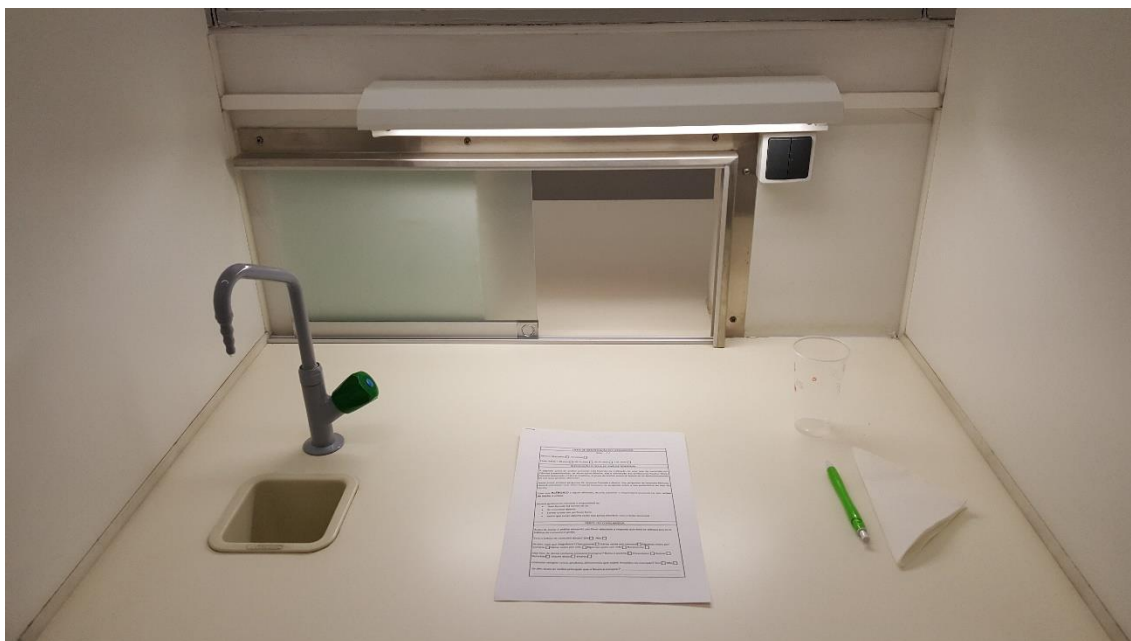


Figura 41. Aspeto de uma câmara de prova individual da sala de provas do Instituto Superior de Agronomia.

A prova de análise sensorial realizada ao Bombom Pastel de Nata (Figura 42) teve como objetivo a avaliação dos seus atributos, assim como da sua apreciação global e intenção de compra, mas também, saber se os provadores conseguiriam associar o sabor do bombom ao sabor do pastel de nata tradicional.

O Bombom Pastel de Nata foi avaliado por um painel de provadores não treinados (constituíram uma amostra da população [representação dos funcionários e estudantes do Instituto Superior de Agronomia]) constituída por 33 indivíduos. Aos provadores foi-lhes pedido que preenchessem uma ficha que os identificava como participantes da análise sensorial (ficha de identificação do consumidor), antes do início da prova. Nesta ficha era pedido que respondessem a 5 questões: 1) Se têm o hábito de consumir doces; 2) Se sim, qual a frequência de consumo; 3) O tipo de doces consumido; 4) Se compram novos produtos alimentares lançados no mercado, e 5) Se sim, quais as razões que originam a compra. Foi-lhes igualmente entregue a ficha de prova²², na qual era-lhes pedido que colocassem a pontuação que atribuíam a cada atributo avaliado (**aparência global, cor, aparência, aroma, textura e sabor**). A avaliação de cada atributo foi realizada através de uma escala hedónica, com as seguintes classificações: "Muito agradável", "Agradável", "Indiferente", "Desagradável" e "Muito desagradável". A avaliação do atributo "Apreciação Global" foi realizada recorrendo ao mesmo tipo de escala, anteriormente referido. A intenção de compra foi igualmente avaliada. Para a sua avaliação, utilizaram-se as classificações: "De certeza que compraria", "Provavelmente compraria", "Não sei se compraria", "Provavelmente não compraria" e "De certeza que não compraria".

²² A ficha de identificação do consumidor e a ficha de prova encontram-se nos anexos.

O conhecimento dos objetivos experimentais, ou das amostras a serem avaliadas, podem influenciar o julgamento dos avaliadores (Kemp et al., 2009). Desta forma, a análise sensorial cumpriu as seguintes regras:

- Não incluir como avaliadores, pessoas com conhecimento do produto avaliado (i.e., Bombom Pastel de Nata);
- Fornecer as informações estritamente necessárias à execução da análise,
- Não divulgar informações sobre o produto a ser analisado (na ficha de identificação do consumidor, pediu-se que em caso de o avaliador ser alérgico a algum alimento, que o comunicasse, antes de dar início à prova).

Assim, os provadores realizaram a análise sensorial sem conhecerem o produto ou ingredientes que constituem o bombom. Antes do início da prova, durante a explicação das etapas da análise, foi-lhes comunicado que analisariam um “produto de pastelaria doce”. Foi-lhes igualmente perguntado, na ficha de prova, após o fim da prova, se associavam o sabor do produto que provaram, a algum produto tradicional português. Caso a resposta fosse positiva, era-lhes pedido que escolhessem o produto com o sabor que mais associavam ao sabor do produto analisado (bombom). As possíveis opções de associação incidiram sobre o leite creme, arroz doce, pastel de nata, tigelada e pastel de feijão. Os provadores podiam igualmente identificar o sabor do produto analisado por resposta aberta.



Figura 42. Aspeto visual da apresentação do Bombom Pastel de Nata.

Do ponto de vista estatístico, os dados obtidos da pontuação das escalas hedónicas, são categóricos e discretos sem um ponto zero verdadeiro. Assim, o tipo de análises estatísticas que podem ser aplicadas com confiança é limitada, ou seja, estatísticas não paramétricas. Além da falta de um ponto zero, existe uma desigualdade de intervalos de escala, restringindo o tratamento dos resultados como dados ordinais. Segundo Kemp et al. (2009), a existência da

desigualdade dos intervalos, restringe o tratamento de dados ao cálculo de valores da média e da moda (Kemp et al., 2009).

O tratamento dos dados obtidos das escalas hedônicas seguiu as especificações não-paramétricas, aplicando o coeficiente de correlação de Spearman e o teste de Qui-Quadrado. Os testes foram realizados no programa de estatística IBM® SPSS®. A escolha do tipo de teste refletiu a natureza das variáveis (nominais, ordinais ou de escala).

O coeficiente de correlação de Spearman consiste num teste de associação que explora se duas variáveis ordinais (ou uma variável ordinal e outra intervalar) estão associadas (Martins, 2011). Este teste foi aplicado na análise de associação entre as variáveis:

- “Intenção de compra” e hábito de compra de novos produtos alimentares

O Teste de Qui-Quadrado analisa igualmente a existência de associação entre variáveis no entanto, aplica-se a duas variáveis nominais ou uma variável nominal e outra ordinal (Martins, 2011). Este teste foi aplicado na análise de associação entre as variáveis:

- “Intenção de compra” e hábito de consumo de doces
- “Intenção de compra” e associação entre o produto da análise sensorial e um doce tradicional português
- “Apreciação Global” e hábito de consumo de novos produtos
- “Apreciação Global e associação entre o produto da análise sensorial e um doce tradicional português

Às classificações das escalas hedônicas (i.e., “Muito agradável”, “Agradável”, “Indiferente”, “Desagradável” e “Muito desagradável”) dos atributos avaliados (aparência global, cor, aparência, aroma, textura e sabor), foi-lhes designado um valor qualitativo sem expressão numérica, ou seja, um valor representado por um número que pretende ser uma etiqueta (rótulo) para codificar os nomes das classificações hedônicas. Assim, à classificação “Muito agradável”, foi-lhe correspondido o número “5” e à classificação “Muito desagradável” o número “1”. Tal como referido, estes valores não têm expressão numérica contemplando apenas um método facilitador de trabalhar os dados obtidos das respostas dos consumidores. O mesmo método foi aplicado ao atributo “Intenção de Compra”, no entanto, os nomes das classificações mudam para “De certeza que compraria” (número 5), (...) “De certeza que não compraria” (número 1).

Capítulo IV – Resultados e discussão

4.1. Esferificação inversa de canela (núcleo) do Bombom Pastel de Nata

4.1.1. Ensaios de compressão

Nos testes preliminares de compressão realizados à esferificação inversa de canela, verificou-se haver rutura após 10 segundos da força ser aplicada, a uma compressão de 60%. Também se realizaram testes preliminares para determinar a influência do tempo de permanência da esferificação no banho de gelificação, na resistência à rutura e consequentemente, na sua capacidade viscoelástica. Realizaram-se dois testes a 40% de compressão. As esferificações mantidas no banho de gelificação durante 5m sofreram uma rutura, e as esferificações mantidas no banho de gelificação durante 20 min, não sofreram rutura, adquirindo novamente a sua forma original. Desta forma, pretendendo analisar o seu comportamento viscoelástico, realizaram-se testes de compressão a 30%, a esferificações mantidas no banho de gelificação durante diferentes tempos: 1 min, 5 min, 10 min, 15 min e 20 min. Os resultados encontram-se representados na Figura 43.

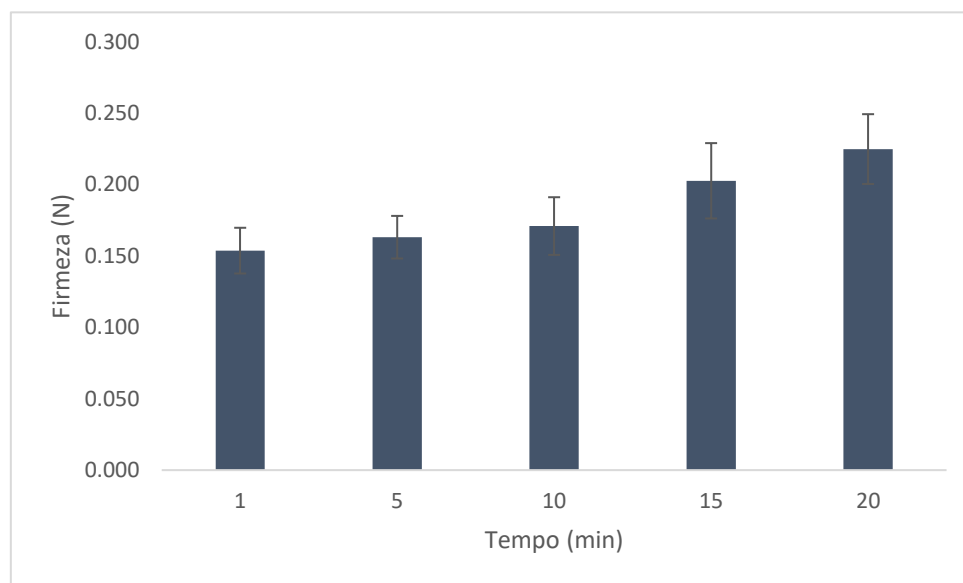


Figura 43. Teste de compressão a esferificações inversas de canela, com variação do tempo de permanência no banho de gelificação.

Observa-se que mantendo a compressão fixa a 30%, o aumento de tempo de permanência no banho provoca um aumento da firmeza das esferificações. O aumento do tempo de permanência no banho de gelificação, permitiu que o *crosslinking* promovido pelo cálcio – alginato pudesse continuar a ocorrer nas camadas mais periféricas da esferificação, resultando no aumento da resistência da rede a pressões mecânicas. A resistência da rede à força imposta pela compressão também se pode dever ao efeito da adição da goma de xantana à calda de canela

para permitir a realização da técnica de esferificação inversa. Contudo, o efeito desta é mais complexo, já que em estudos descritos na literatura (Bekhit et al., 2016), a goma de xantana foi aplicada em microesferas de alginato de sódio para preservar a viabilidade do agente ativo e modular as propriedades de libertação. Segundo estes estudos, as vantagens da utilização da goma de xantana devem-se à interação molecular entre o alginato de sódio e a goma de xantana, que provoca a formação de uma estrutura de matriz complexa. Os autores afirmam que esta estrutura se forma através de ligações de hidrogénio entre os grupos carboxilato do alginato de sódio e os grupos hidroxilos da goma de xantana (Bekhit et al., 2016).

Apesar de se verificar que as esferificações de alginato apresentam características elásticas ou seja, após o término da força aplicada estas regressam à sua forma original, também se verificou que após a aplicação da força compressiva, ocorreu saída de água, em algumas das esferificações. Ou seja, parte da calda de canela fluiu para o exterior da membrana da esferificação. Segundo Imeson (2010), após a gelificação, as moléculas de água que se encontram aprisionadas pela rede de gel de alginato, ainda estão livres para migrar pela difusão. O gel mantém a água aprisionada através de ligações de hidrogénio, mas se a rede de gel se contrair, alguma água poderá sair da esferificação. Este efeito é designado por sinérese e nos géis de alginato existem diferentes condições que podem fazer variar a sua intensidade, nomeadamente a relação entre M:G e a concentração de cálcio (Imeson, 2010). Apesar das condições de encapsulação da calda de canela (nas esferificações de alginato) terem-se mantido as mesmas ao longo do trabalho prático, possíveis microfissuras na membrana cálcio-alginato podem ter sido responsáveis pela saída de água em algumas das esferificações. A saída de água verificou-se ser mais acentuada com o aumento do tempo de permanência no banho de gelificação.

4.1.2. Atividade de água (a_w)

O controlo da atividade de água no creme do Bombom Pastel de Nata e na calda de canela, revelou ser um instrumento importante para a conservação das características organoléticas do bombom. Alimentos e produtos que contêm conjuntos “aquosos” macroscópicos ou microestruturais, com diferentes valores de atividade de água, encontram-se propensos à migração de água, da região com valor mais alto de a_w , para regiões com valores mais baixos (Sandulachi, 2012).

A determinação da a_w das diferentes camadas do bombom (creme pastel de nata e esferificação inversa de canela) revelou que as camadas possuem valores de atividade de água diferentes (0.977 no creme pastel de nata e 0.808 na esferificação inversa de canela).

Para determinar se a diferença entre os valores obtidos da a_w é estatisticamente diferente, aplicou-se o teste T para amostras independentes (t), tendo sido necessário aplicar o teste F antes, para verificar se os valores cumprem do pressuposto da homogeneidade das variâncias. O teste F não confirmou o pressuposto, $f(4) = 9,27$, $p = 0,03$. Assim, procedeu-se à realização

do teste T para amostras com variâncias desiguais que indicou que há diferenças significativas entre os valores das camadas do bombom quanto à a_w , $t(5) = 37,35$, $p = 0,0000003$ ($p < 0,05$) (Tabela 9).

Tabela 9. Dados estatísticos da determinação da atividade de água do creme e da esferificação inversa do Bombom Pastel de Nata.

		Creme	Esferificação	
	f	$\bar{x} \pm \sigma$	$\bar{x} \pm \sigma$	t
Atividade de água	9,27	$0,977 \pm 0,009$	$0,808 \pm 0,003$	37,35

Verificando existir diferenças significativas entre os valores de a_w do creme pastel de nata e da esferificação inversa, poder-se-ia supor que os valores de a_w mais altos, no creme pastel de nata, interferissem na integridade das camadas do bombom, que foi avaliada, por observação direta, quando este foi cortado transversalmente (Figura 44), ao fim de 5 dias após a sua confeção²³. Por integridade das camadas entende-se que as camadas não aparentaram sofrer trocas de solutos por gradiente de concentração, mantendo as suas estruturas individuais. Tendo-se observado a integridade das camadas do bombom, possivelmente não terão ocorrido trocas de solutos entre as mesmas. A análise à a_w , em conjunto com os dados da análise aos sólidos solúveis totais das camadas, pode ajudar a explicar da integridade das camadas.

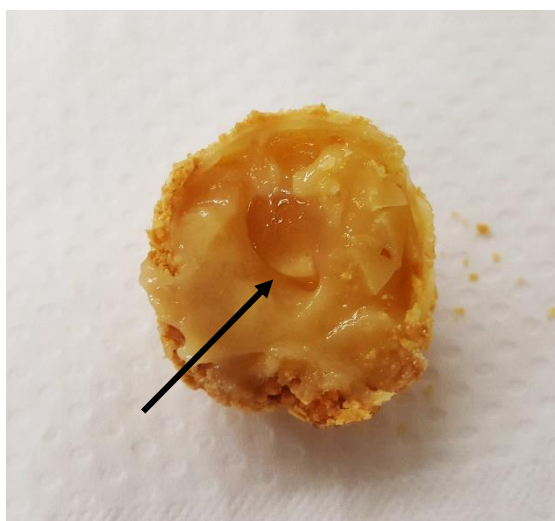


Figura 44. Bombom Pastel de Nata cortado na transversal com esferificação inversa de canela visível (posição da esferificação indicada pela seta).

²³ Após o término do teste de penetração, que teve como objetivo analisar a evolução da dureza do revestimento crocante e do creme pastel de nata, cada bombom foi cortado na transversal com o intuito de verificar a integridade das suas camadas. Por observação direta, verificou-se que as camadas permaneciam inalteradas e com inexistência de humidade, levando a crer que não tenha ocorrido migração de água e/ou solutos entre as camadas.

4.1.3. Sólidos Solúveis Totais (Grau Brix)

A análise aos sólidos solúveis totais do creme do Bombom Pastel de Nata e da calda de canela constituiu uma ferramenta essencial à avaliação da estabilidade das estruturas das camadas internas do bombom.

A determinação dos sólidos solúveis totais entre as diferentes camadas do bombom revelou existir uma diferença entre os valores de cada camada (51,66 % no creme pastel de nata e 59,04 % na esferificação inversa de canela).

Para determinar se a diferença entre os valores obtidos dos sólidos solúveis totais é estatisticamente diferente, aplicou-se o teste T para amostras independentes (t), tendo sido necessário aplicar o teste F antes, para verificar se os valores cumprem do pressuposto da homogeneidade das variâncias. O teste F não confirmou o pressuposto, $f(4) = 226,73$, $p = 0,0001$. Assim, procedeu-se à realização do teste T para amostras com variâncias desiguais que indicou que há diferenças significativas entre os valores das camadas do bombom quanto aos sólidos solúveis totais $t(4) = -3,41$, $p = 0,03$ ($p < 0,05$) (Tabela 10).

Tabela 10. Dados estatísticos da determinação dos sólidos solúveis totais do creme e da esferificação inversa do Bombom Pastel de Nata.

	f	Creme $\bar{x} \pm \sigma$	Esferificação $\bar{x} \pm \sigma$	t
Sólidos Solúveis Totais (%)	226,73	51,66 \pm 4,32	59,60 \pm 0,29	-3,41

Verificou-se haver diferenças significativas entre o grau Brix da calda de canela e do creme do Bombom Pastel de Nata, sendo que a esferificação apresentou um valor superior. Este resultado ajuda a explicar a integridade das camadas na medida em que, apesar da esferificação apresentar uma concentração superior de solutos, não se verificou ter ocorrido de migração de água ou solutos entre as camadas. Uma possível razão para a ausência deste fenómeno relaciona-se com a hipótese de a migração ter sido atenuada pela rede que se formou no creme pastel de nata. O desenvolvimento desta rede dever-se-á à presença dos hidrocolóides que têm afinidade com a água, a ação das proteínas dos ovos (que se desenrolam quando desnaturam e criam novas ligações), a rede criada pelo amido (processo de gelatinização) e outras interações dos componentes que constituem o creme (e.g. pontes de hidrogénio entre o açúcar e a água presente nos restantes ingredientes) que fazem com que a estrutura do creme seja coesa o suficiente para permitir a sua conservação (Clemens, et al., 2016).

4.2. Creme pastel de nata

As análises realizadas ao creme do Bombom Pastel de Nata tiveram como objetivo a sua caracterização, mas também, a comparação com resultados obtidos dos mesmos testes, realizados ao pastel de nata referência. Os testes realizados aos cremes incluíram a determinação da atividade de água, a determinação dos sólidos solúveis totais, a análise de perfil de textura e a análise reológica.

4.2.1. Atividade de água (a_w)

Os valores obtidos da determinação de a_w de ambos os cremes foram altos e muito semelhantes (0,977 no Bombom Pastel de Nata, e 0,976 no pastel de nata referência) (Tabela 11). Apesar da diferença existente nos processos de fabrico dos cremes, os valores obtidos são muito próximos²⁴. Esta semelhança poderá ser explicada pela influência dos ingredientes e método de confeção de cada creme. Enquanto que no pastel de nata tradicional, a textura do creme deve-se essencialmente à rede tridimensional que se forma com a desnaturação das proteínas e a sua interação com os restantes ingredientes, durante o tempo que os pastéis são cozidos no forno, no bombom a sua textura resulta em grande parte, igualmente da rede tridimensional que se forma quando o creme é cozido ao lume (ao contrário do creme do pastel de nata tradicional que é cozido no forno), no entanto, esta rede é destruída quando o creme é triturado (originando um gel fluido). A destruição da rede é posteriormente compensada pela adição dos hidrocolóides que formam sinergias entre eles, contribuindo para a obtenção de uma rede mais forte que a de um gel fluido. Assim, enquanto que no pastel de nata tradicional o modo de fabrico permite criar uma estrutura mais forte e coesa (um gel) na qual alguma água livre é aprisionada, no bombom, a rede é destruída, mas a adição dos hidrocolóides que se ligam à água pode contribuir para explicar a semelhança entre os valores de a_w obtidos.

Tabela 11. Dados estatísticos da determinação da atividade de água do creme do Bombom Pastel de Nata e do creme do pastel de nata referência.

	<i>f</i>	Bombom	Pastel de nata	<i>t</i>
		$\bar{x} \pm \sigma$	$\bar{x} \pm \sigma$	
Atividade de água	1,40	0,977 \pm 0,01	0,976 \pm 0,01	0,248

²⁴ A proximidade dos valores obtidos da determinação de a_w dos cremes, não justificou apresentar o texto explicativo da análise estatística efetuada. Os resultados da análise estatística revelaram não haver diferenças significativas entre os valores. Os resultados da análise estatística encontram-se presentes na Tabela 11.

4.2.2. Sólidos Solúveis Totais (Grau Brix)

Tal como a determinação da atividade de água realizada aos cremes, também a medição do grau Brix permitiu obter informação sobre as suas estruturas. No entanto, contrariamente aos resultados obtidos da medição da a_w , a medição do grau Brix revelou diferenças mais acentuadas entre os dois cremes (44,7 % no Bombom Pastel de Nata e 40,4 % no pastel de nata referência).

Para determinar se a diferença entre os valores obtidos da determinação dos sólidos solúveis totais é estatisticamente diferente, aplicou-se o teste T para amostras independentes (t), tendo sido necessário aplicar o teste F antes, para verificar se os valores cumprem do pressuposto da homogeneidade das variâncias. O teste F não confirmou o pressuposto, $f(4) = 0,13$, $p = 0,03$. Assim, procedeu-se à realização do teste T para amostras com variâncias desiguais que indicou que há diferenças significativas entre os valores dos cremes quanto aos sólidos solúveis totais, $t(5) = 5,34$, $p = 0,003$ ($p < 0,05$) (Tabela 12).

Tabela 12. Dados estatísticos da determinação dos sólidos solúveis totais do creme do Bombom Pastel de Nata e do creme do pastel de nata referência.

		Bombom	Pastel de nata	
	f	$\bar{x} \pm \sigma$	$\bar{x} \pm \sigma$	t
Sólidos Solúveis Totais	0,13	44,74 \pm 0,557	40,40 \pm 1,528	5,34

A determinação dos sólidos solúveis totais que permitiu verificar a existência de uma concentração de solutos de sacarose superior no creme do bombom, permite estabelecer uma relação com os resultados obtidos na análise sensorial, na qual o sabor do bombom foi descrito, em respostas abertas, como sendo “doce mas suave”, “muito doce” e “quantidade de doce ligeiramente excessiva”. Apesar dos resultados serem subjetivos, de se tratar de uma avaliação pontual e, da grande maioria dos consumidores que participaram na avaliação terem pontuado o sabor do bombom como sendo “muito agradável”, o grau Brix revela possivelmente, uma quantidade de açúcar que pode ser ajustada a fim de garantir uma aceitabilidade mais alargada do produto e um alinhamento com as preocupações atuais de redução do consumo de açúcar.

4.2.3. Análise de perfil de textura dos cremes

A análise de perfil de textura permitiu avaliar três parâmetros relacionados com as propriedades de textura dos cremes: a sua firmeza (N), a adesividade (-N.s) e a coesividade (adimensional). Os resultados obtidos encontram-se representados na Figura 45.

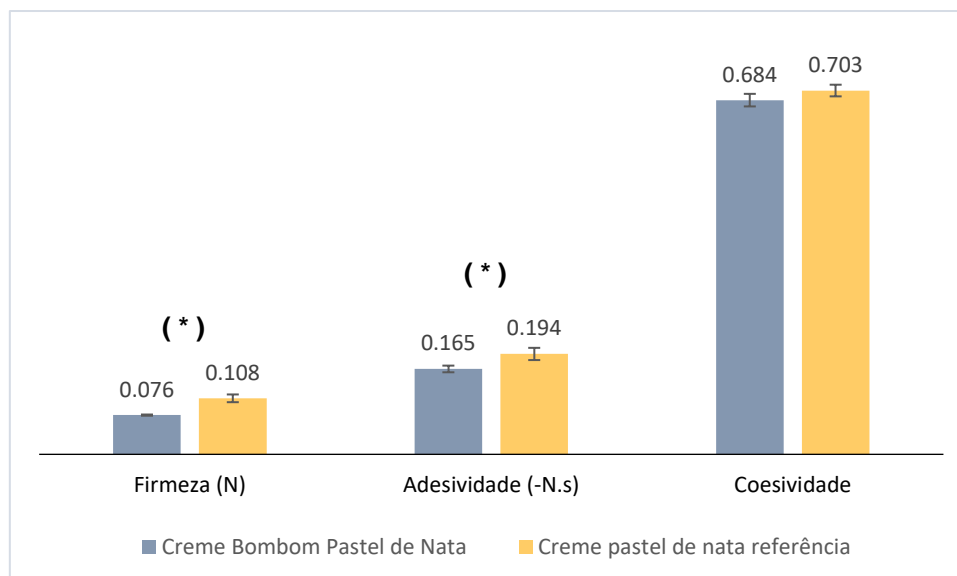


Figura 45. Análise de Perfil de Textura do creme do Bombom Pastel de Nata e do creme do pastel de nata referência.

(*) Diferenças significativas ($p < 0,05$)

Para determinar se a diferença entre os valores obtidos na firmeza é estatisticamente diferente, aplicou-se o teste T para amostras independentes (t), tendo sido necessário aplicar o teste F antes, para verificar se os valores cumprem do pressuposto da homogeneidade das variâncias. O teste F não confirmou o pressuposto, $f(3) = 0,13$, $p = 0,02$. Assim, procedeu-se à realização do teste T para amostras com variâncias desiguais que indicou que há diferenças significativas entre os valores dos cremes quanto aos sólidos solúveis totais, $t(3) = -7,48$, $p = 0,005$ ($p < 0,05$) (Tabela 13).

A diferença que se verifica entre os valores da firmeza, pode estar relacionada com a composição e o método de confeção dos cremes. Apesar do método de confeção do creme pastel de nata referência não ser conhecido, pode-se presumir que este segue o procedimento de fabrico tradicional, e que, os seus ingredientes são os mesmos que por norma se encontram nas receitas de pastel de nata. Entre estes ingredientes, os que potenciam o espessamento e a gelificação do creme são os ovos, a farinha, o amido, o açúcar e a gordura. As ações conjuntas destes ingredientes, assim como o mecanismo de formação da rede tridimensional, são responsáveis pela consistência dos cremes. Assim, a análise aos ingredientes responsáveis pela formação da rede tridimensional, pode permitir uma melhor compreensão do mecanismo e formação do gel (creme pastel de nata).

Começando pelos ovos, estes são constituídos por cerca de 70% de albumina (proteínas globulares) e 30% de gema de ovo (vários tipos de lipoproteínas de baixa densidade) (Banerjee & Bhattacharya, 2011). À medida que os cremes são cozinhados, os ovos desnaturam, coagulam e gelificam a temperaturas entre 62-65°C. As gemas de ovo começam a coagular aos 65°C e

tornam-se sólidas aos 70°C. Os ovos inteiros coagulam a uma temperatura intermédia. No aquecimento inicial dos ovos, ocorre a sua desnaturação, podendo ser mais ou menos extensa, de acordo, com o tempo e a temperatura do aquecimento (McGee, 2004). Desta forma, o prolongamento do aquecimento, assim como a temperatura alta do forno (os pastéis de nata tradicionais são cozidos a temperaturas superiores a 250°C), podem ajudar a explicar a razão pela qual o valor de firmeza mais alto, estar associado ao creme pastel de nata referência.

Quanto ao amido, este ingrediente nem sempre é utilizado no creme do pastel de nata tradicional. No entanto, a sua presença no creme do bombom, ajuda a explicar os parâmetros de textura observados. Os grânulos de amido consistem em dois tipos de polímeros, nomeadamente a amilose (cadeia linear) e a amilopectina (ramificada). Na gelatinização do amido, com o calor, os grânulos absorvem grandes quantidades de líquido e incham várias vezes o seu tamanho original obtendo-se uma dispersão viscosa que pode formar um gel (Ahmed, Ptaszek, & Basu, 2017). Apesar de o amido aumentar a viscosidade do creme do Bombom Pastel de Nata, o facto de o creme ser triturado, formando-se um gel fluído, pode influenciar a consistência do creme, podendo explicar o seu valor mais baixo de firmeza.

Segundo Rao (2007), os açúcares (adicionados às matrizes dos alimentos) tornam os grânulos de amido inchados, menos sensíveis à rutura mecânica. Ao reduzir o grau de inchaço, os açúcares também minimizam a tendência de os grânulos se romperem. Rao (2007) explica que os açúcares e outros compostos contendo grupos hidroxilo, estabilizam os géis de amido (previnem a sinérese), possivelmente através da minimização da interação entre os grupos hidroxilo com moléculas de polímero adjacentes (Rao, 2007). Segundo Freke (1971), numa das suas experiências, a temperatura de gelatinização do amido aumentou 3,5°C para cada aumento de 10% na concentração de sacarose (Freke, 1971). Desta forma, os pastéis de nata referência que são cozidos no forno e submetidos a temperaturas mais altas, beneficiam de uma gelatinização dos grânulos de amido mais intensa.

Tanto o amido com a farinha, cumprem uma outra função vantajosa à estabilidade dos cremes: evitam que ocorra o conhecido “talhar”. Quando os cremes são cozinhados, as proteínas dos ovos começam a desnaturar por volta dos 77°C. Com a adição da farinha, os cremes ganham estabilidade pois os grânulos absorvem água, incham e expulsam algumas das suas moléculas de amido para a matriz do creme. O inchar, os grânulos retiram energia ao sistema e retardam a ligação das proteínas entre si, que começaram a desnaturar (McGee, 2004).

Os hidrocolóides aplicados no creme do Bombom Pastel de Nata também são essenciais para a explicação da diferença dos valores da firmeza dos cremes. A ação dos hidrocolóides é explicada mais à frente, na análise à viscosidade dos cremes pastel de nata.

Quanto aos resultados obtidos na medição da adesividade dos cremes, o creme pastel de nata referência apresentou um valor mais alto (0,194 N.s) que o creme do bombom (0,165 N.s).

Para determinar se a diferença entre os valores obtidos da adesividade é estatisticamente diferente, aplicou-se o teste T para amostras independentes (*t*), tendo sido necessário aplicar o

teste F antes, para verificar se os valores cumprem do pressuposto da homogeneidade das variâncias. O teste F confirmou o pressuposto, $f(3) = 2,48$, $p = 0,24$. Assim, procedeu-se à realização do teste T para amostras com variâncias iguais que indicou que há diferenças significativas entre os valores dos cremes quanto aos sólidos solúveis totais, $t(6) = -3,75$, $p = 0,009$ ($p < 0,05$) (Tabela 13).

A adesividade, é definida como sendo o trabalho necessário para superar as forças que se atraem entre a superfície do alimento e a superfície dos outros materiais, nomeadamente a sonda, utilizada na análise de perfil de textura (Bourne, 2002). A nível sensorial, a adesividade é avaliada ao colocar os alimentos na boca, pressioná-los contra o palato, permitindo analisar a força necessária para remover os alimentos com a língua (Bourne, 2002). Assim, pode-se concluir que o pastel de nata referência adere mais ao palato, sendo mais difícil de remove-lo da cavidade oral.

Quanto aos resultados obtidos na medição da coesividade dos cremes, o creme pastel de nata referência apresentou um valor mais alto (0,703) que o creme do bombom (0,684).

Para determinar se a diferença entre os valores obtidos da coesividade é estatisticamente diferente, aplicou-se o teste T para amostras independentes (t), tendo sido necessário aplicar o teste F antes, para verificar se os valores cumprem do pressuposto da homogeneidade das variâncias. O teste F confirmou o pressuposto, $f(3) = 2,26$, $p = 0,26$. Assim, procedeu-se à realização do teste T para amostras com variâncias desiguais que indicou que não há diferenças significativas entre os valores dos cremes quanto à coesividade, $t(6) = -1,79$, $p = 0,12$ ($p > 0,05$) (Tabela 13).

A coesividade mede a força estrutural das ligações internas, que mantém a matriz alimentar unida em formato “bolo alimentar” e impedem que esta se desintegre em fragmentos durante a deglutição. (Sharma et al., 2017). Assim, ainda que adimensional, a coesividade consiste num parâmetro de análise de perfil de textura importante. No entanto, não se verificando diferenças significativas de coesividade entre os cremes, não se pode concluir que o creme do pastel de nata referência seja significativamente superior ao creme do bombom.

Tabela 13. Dados estatísticos da Análise de Perfil de Textura do creme do Bombom Pastel de Nata e do creme do pastel de nata referência.

		Bombom	Pastel de nata	
	f	$\bar{x} \pm \sigma$	$\bar{x} \pm \sigma$	t
Firmeza (N)	0,02	$0,076 \pm 0,001$	$0,108 \pm 0,007$	5,34
Adesividade (-N.s)	2,48	$0,165 \pm 0,006$	$0,194 \pm 0,012$	-3,75
Coesividade	2,26	$0,684 \pm 0,012$	$0,703 \pm 0,011$	-1,79

4.2.4. Avaliação reológica dos cremes

A avaliação reológica dos cremes consistiu em testes de varrimento de tensão, espectro mecânico e curvas de viscosidade.

No teste de varrimento de tensões (que têm como objetivo a determinação da zona de viscoelasticidade linear), observou-se (Figura 46) que a gama de tensões para as quais G' (componente elástica) e G'' (componente viscosa) são independentes da tensão aplicada, encontra-se entre 0,01 Pa e 10 Pa para ambos os cremes. Selecionou-se uma tensão de 10 Pa, contida no intervalo da zona de viscoelasticidade linear, para realizar o varrimento de frequências.

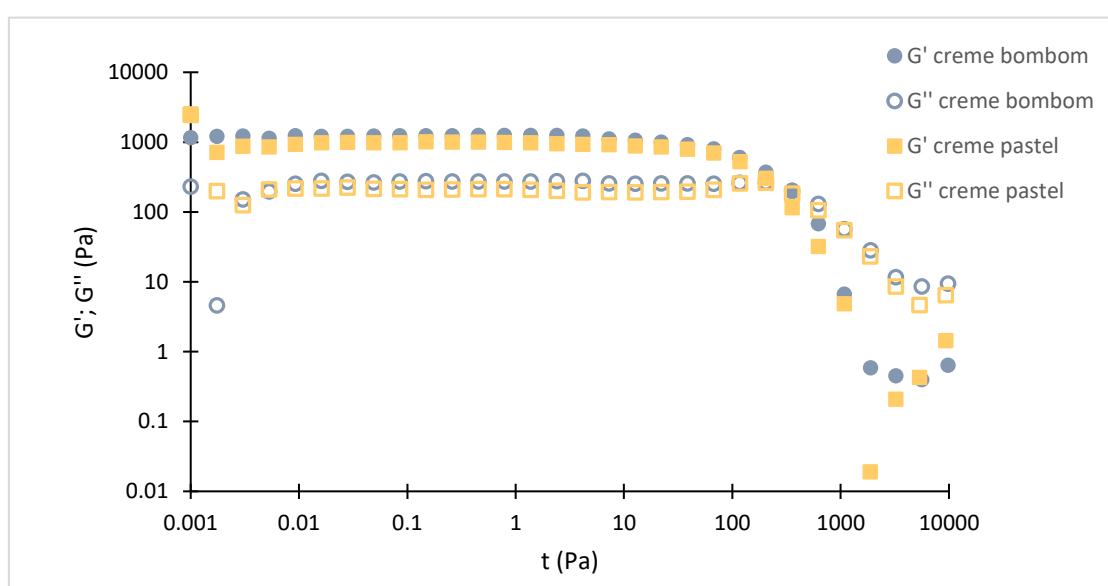


Figura 46. Teste de varrimento de tensões do creme do Bombom Pastel de Nata e do creme do pastel de nata referência.

A partir da determinação da zona de viscoelasticidade linear efetuaram-se os espectros mecânicos dos cremes que se encontram representados na Figura 47.

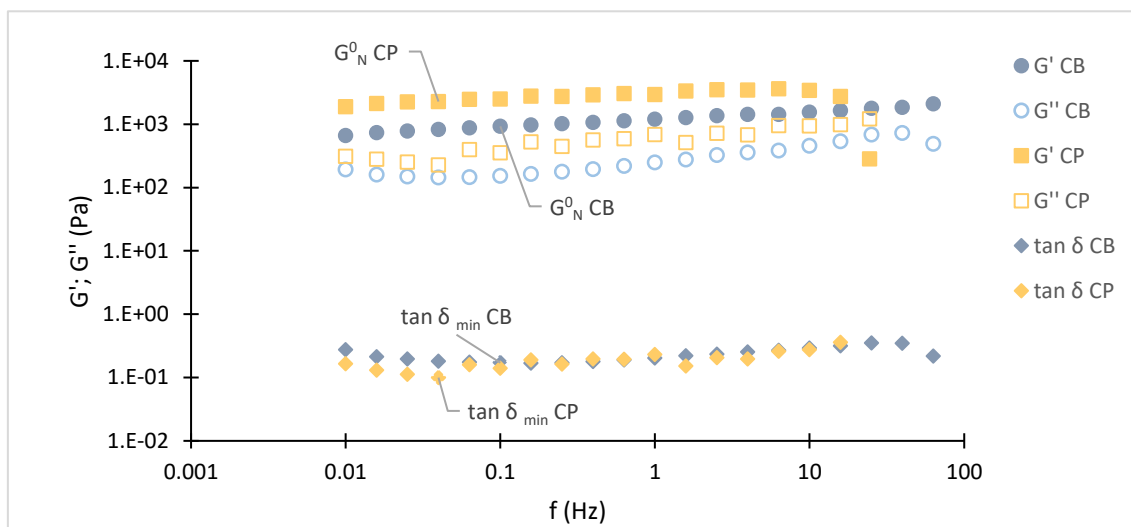


Figura 47. Espectro mecânico do creme do Bombom Pastel de Nata (CB) e do creme do pastel de nata referência (CP), com representação de $\tan \delta$.

Na análise aos espectros mecânicos dos cremes analisados, verifica-se que em todas as amostras, $G' > G''$, ou seja, o valor do módulo elástico é superior ao valor do módulo viscoso, podendo desta forma caracterizar, conjuntamente com os valores de δ , os cremes analisados. A $\tan \delta$ foi calculada a partir da razão dos valores obtidos de G'' e G' em cada amostra. Os valores de $\tan \delta$ obtidos, em todas as amostras, foram inferiores a 1, ou seja, $\delta < 90^\circ$, permitindo identificar os cremes como viscoelásticos.

Analisando os resultados obtidos ($G' > G''$ e $\tan \delta < 1$), pode-se considerar que ambos os cremes analisados se comportam como “géis fracos”. Neste tipo de géis, as zonas de junção podem ser facilmente destruídas mesmo a taxas de corte muito baixas, provocando a destruição da estrutura da rede formada. Nesses sistemas, verifica-se que $G' > G''$ numa faixa ampla de frequências, apresentando uma dependência da frequência (Phillips & Williams, 2009).

A partir dos valores obtidos da tangente de δ , obteve-se o módulo de Plateau G_N^0 (Pa) (Tabela 14).

Tabela 14. Valores do Módulo Plateau G_N^0 (Pa).

Módulo	CB	CP
Plateau	925,8	2280,0
G_N^0 (Pa)		

Sabendo que o módulo de plateau reflete a arquitetura molecular dos polímeros e é dependente do peso molecular de emaranhamento (peso molecular entre os pontos de entrelaçamento temporários adjacentes), os valores do módulo de Plateau permitem comparar os diferentes cremes analisados quanto à sua estruturação. A região de Plateau é clara e pronunciada em polímeros de maior peso molecular (com *crosslinks*) e em soluções concentradas. Tal como

referido anteriormente, o módulo de plateau G_N^0 (Pa) foi obtido a partir do valor da frequência onde $\tan \delta$ apresenta o valor mínimo da razão G''/G' .

Através dos resultados obtidos, presentes na Tabela 14, observa-se que o creme do Bombom Pastel de Nata apresentou o módulo de Plateau mais baixo que o creme do pastel de nata referência. Esta diferença de valores sugere que o creme do pastel de nata referência tem um emaranhamento polimérico (polissacarídeos-proteínas) mais forte e, como tal, uma região de plateau mais pronunciada que se traduz por um maior grau de estruturação. Segundo Sunthar (2010), a ligação entre a região do plateau e o *crosslinking*, sugere que o emaranhamento age como um tipo de restrição (como as ligações cruzadas) ao movimento do contorno do polímero, levando ao surgimento da região de plateau (Sunthar, 2010).

Na Figura 48 observa-se os diferentes valores dos módulos elásticos, nas frequências 0,1 Hz, 1 Hz e 10 Hz, referentes aos cremes analisados.

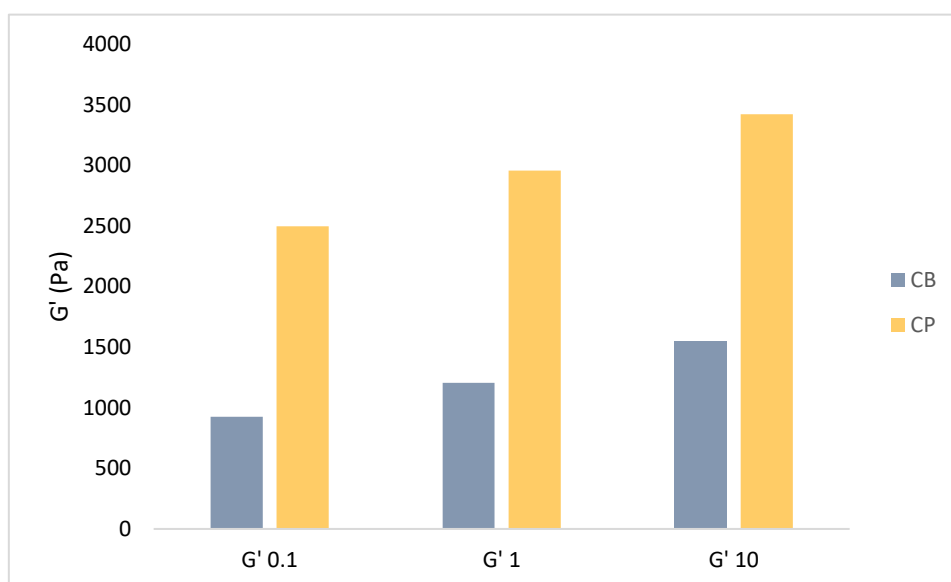


Figura 48. Módulo elástico (G') do creme do Bombom Pastel de Nata e do creme do pastel de nata referência, às frequências de 0,1, 1 e 10 Hz.

A partir da análise à Figura 48 constata-se que o creme pastel de nata referência mostra um valor de G' superior, em todas as frequências, em relação valor de G' do bombom. Observa-se igualmente existir o aumento do valor de G' com o aumento da frequência imposta aos cremes.

Foram também realizados ensaios em regime estacionário, nomeadamente curvas de viscosidade aos cremes. Os resultados das curvas de viscosidade, encontram-se representados na Figura 49.

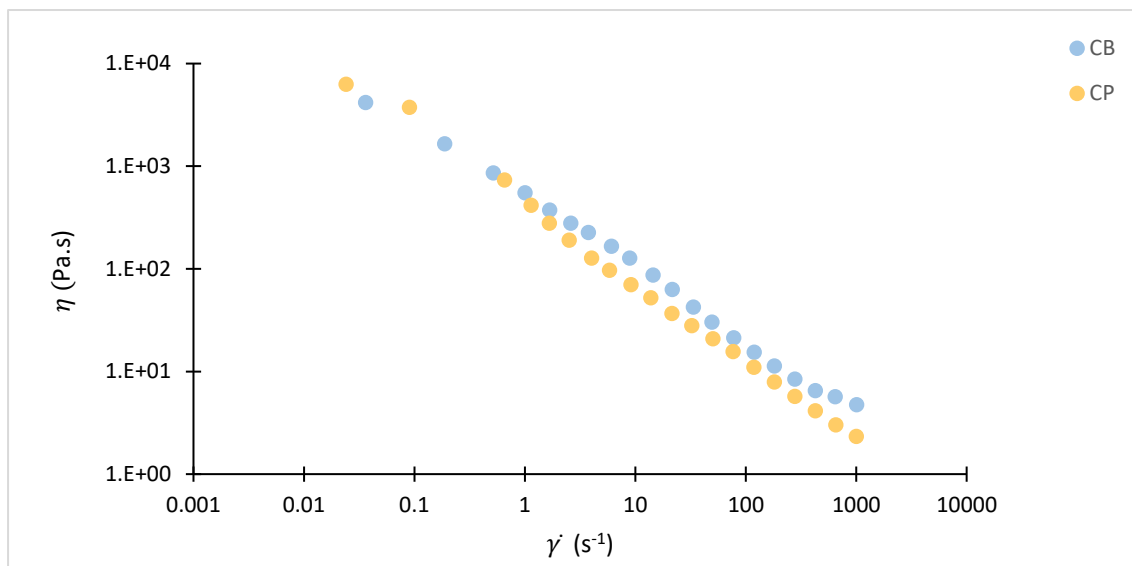


Figura 49. Curvas de viscosidade do creme do Bombom Pastel de Nata (CB) e do creme do pastel de nata referência (CP).

Nas curvas de viscosidade (Figura 49), do creme do Bombom Pastel de Nata e do creme do pastel de nata referência, observa-se que a viscosidade (Pa.s) diminuiu com o aumento da velocidade de deformação (s^{-1}), sendo estes dados indicativos de um comportamento reofluidificante. A partir das curvas de viscosidade, elaborou-se um novo gráfico (Figura 50) onde se encontram representadas as curvas de viscosidade com valores logaritmizados, relacionando $\log \eta$ (Pa.s) com $\log \gamma$ (s^{-1}).

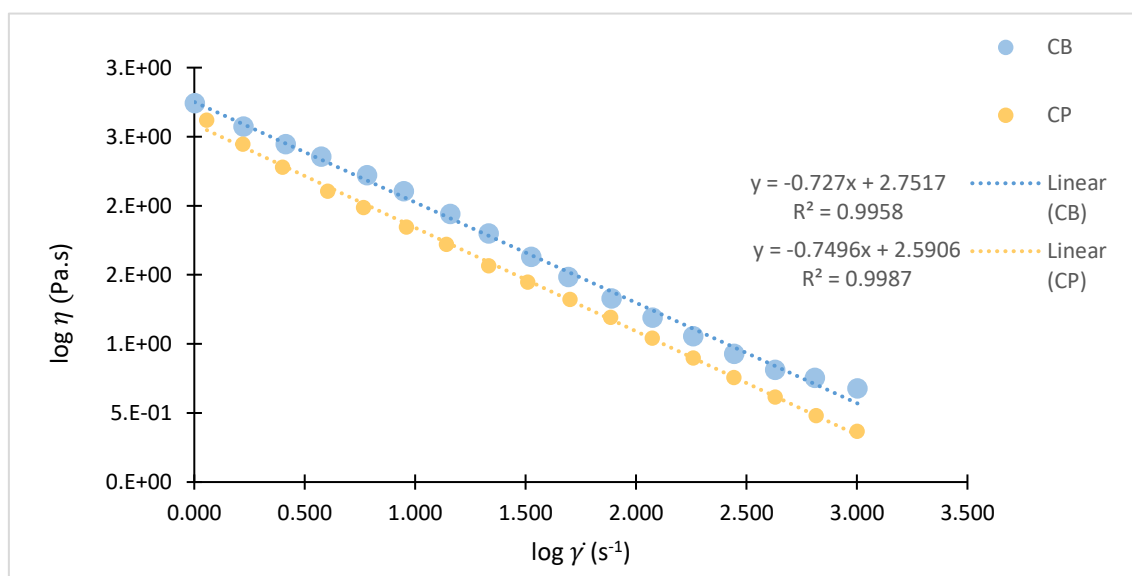


Figura 50. Curvas de viscosidade com valores logaritmizados do creme do Bombom Pastel de Nata (CB) e do creme do pastel de nata referência (CP).

A partir dos gráficos das curvas de viscosidade com valores logaritmizados, obtiveram-se as equações de reta para os cremes analisados (as mesmas que as analisadas nas curvas de

viscosidade). Tendo como objetivo a comparação dos parâmetros de escoamento entre o creme do Bombom Pastel de Nata e o creme do pastel de nata referência, selecionaram-se as seguintes equações de reta:

$$y = -0,7270x + 2,7517$$

$$y = -0,7496x + 2,5906$$

Para analisar o comportamento reofluidificante dos cremes, aplicou-se a Lei da Potência (modelo de *Ostwald-de Waele*) com base nas retas selecionadas. A aplicação da Lei de Potência permitiu calcular o valor de k (Pa.sⁿ), consistência de escoamento, e de n , índice de escoamento. Os valores destes parâmetros de escoamento encontram-se representados na tabela seguinte (Tabela 15).

Tabela 15. Parâmetros de escoamento (k , n) dos cremes analisados, através da aplicação da Lei da Potência.

Designação	Amostra	K (Pa.s ⁿ)	n	R ²
CB	Creme Bombom Pastel de Nata	564,5	0,2730	0,9958
CP	Creme pastel de nata referência	389,6	0,2504	0,9987

Pode-se concluir que, a aplicação da Lei da Potência permitiu obter dados ajustados aos parâmetros analisados, visto que todos os coeficientes de determinação foram superiores a 0,99.

Os valores presentes na Tabela 15 indicam que o creme do Bombom Pastel de Nata apresenta um índice de consistência (K) superior ao creme do pastel de nata referência. No entanto, estes valores podem ser considerados contraditórios quando comparados com os valores obtidos do cálculo do módulo de Plateau (Tabela 14) que indicam que o creme do pastel de nata referência apresenta um grau de estruturação superior. Contudo, os resultados refletem os tipos de teste aplicados que apresentam objetivos diferentes e, como tal, não devem ser comparados.

Ambos os índices de escoamento (do bombom e do pastel de nata referência) são inferiores a 1, comprovando a correta associação dos cremes analisados a fluidos de comportamento reofluidificante. Este comportamento, associado ao creme do Bombom Pastel de Nata, pode ser melhor explicado com base na análise em estudos anteriores do comportamento de soluções dos mesmos hidrocolóides que os aplicados no creme do bombom.

Segundo Phillips & Williams (2009), a goma de xantana apresenta uma viscosidade muito alta a baixas taxas de corte/velocidade de deformação (proporcionando boas propriedades de suspensão), mas exposta a força de corte mais altas, flui facilmente (Phillips & Williams, 2009). A adição da goma de xantana ao creme pastel de nata permitiu conferir ao creme uma estrutura semelhante a um gel fraco, com características adequadas ao produto formulado. Na confeção do creme, a goma de xantana também permitiu conferir estabilidade ao creme, quando este foi congelado. Segundo Pongsawatmanit & Srijunthongsiri (2008), durante o congelamento, a reorganização de moléculas de amido pode resultar na liberação de água (sinérese) afetando as propriedades funcionais a viscosidade dos géis. Por outro lado, a goma de xantana permite conferir estabilidade por minimizar ruturas durante o congelamento-descongelamento, ao reduzir a água disponível necessária à formação dos cristais de gelo (Pongsawatmanit & Srijunthongsiri, 2008). O resultado da análise de textura e da caracterização reológica permitiram concluir que a influência da goma de xantana mostrou ser eficaz, mantendo a integridade do creme, após o ciclo congelamento-descongelamento.

Além do facto da goma de xantana ser referenciada, na literatura, como um hidrocolóide que permite espessar soluções a frio (Milas & Rinaudo, 1986), a viscosidade do creme do Bombom Pastel de Nata, também pode ser explicada pela sinergia que tenha ocorrido entre a goma de xantana e a goma de alfarroba, presente no elastic.

No procedimento de preparação do creme do Bombom Pastel de Nata, os hidrocolóides foram adicionados a temperaturas próximas de 45°C. Sabendo que o processo de gelificação da κ -carragenina (presente no elastic) necessita de temperaturas acima de 70°C (Zuidam & Nedovic, 2010), o mecanismo de gelificação típico não terá ocorrido no creme. Assim, a estrutura do creme obtida poderá ser explicada pela sinergia entre a goma de xantana e a goma de alfarroba. A escolha de se proceder à incorporação dos hidrocolóides a frio, baseou-se em formulações preliminares do creme, nas quais, quando os hidrocolóides foram adicionados a quente e houve efetivamente uma gelificação, a textura do creme obtida não foi considerada a mais satisfatória, tendo ultimamente sido descartada, quando comparada com a do creme elaborado com a incorporação dos hidrocolóides a frio. Outra formação do creme rejeitada foi a que apenas apresentava a goma de xantana como hidrocolóide incorporado no creme. A sua ação não foi suficiente para se obter um creme com uma textura adequada à produção do bombom. Desta forma, a sinergia entre a goma de xantana e a goma de alfarroba ajuda a explicar os resultados reológicos e de textura do creme do bombom.

A sinergia entre as gomas tem sido estudada com objetivo de compreender o seu funcionamento. Segundo Morris (1991), os géis sinérgicos podem ser classificados em dois tipos (I e II). Os géis binários de tipo I formam estruturas que compreendem misturas de polissacarídeos gelificantes e não gelificantes. A adição de uma pequena quantidade de um polímero não gelificante (e.g. goma de xantana) a um gelificante (e.g. goma de alfarroba) pode induzir um reforço do gel resultante (Copetti et al., 1997). O componente não gelificante, mas solúvel, pode servir para inchar a rede, impedindo a sinérese. Os géis sinérgicos de tipo II são constituídos por

componentes não gelificantes, que conjuntamente, podem potencializar a formação de um gel fraco. Nestes géis, ocorrem ligações intermoleculares (*binding*) formando redes conectadas (Morris, 1991). A formação destes géis sinérgicos, pode explicar a formação da rede formada pela goma de alfarroba e a goma de xantana, no creme do Bombom Pastel de Nata.

Outra explicação para a ocorrência de sinergia entre as gomas relaciona-se com a mudança de conformação do complexo goma de xantana-goma de alfarroba (Higiro, Herald, & Alavi, 2006). Em solução, a goma de xantana apresenta uma conformação em forma de hélice (a viscosidade e o caráter reofluidificante das suas soluções devem-se à formação de agregados de alto peso molecular de moléculas rígidas em forma de hélice) (Higiro et al., 2006) e a goma de alfarroba, em forma de “novelo” aleatório. Quando a goma de alfarroba e a goma de xantana são misturadas, ocorre uma mudança de conformação do complexo, da forma em hélice para uma forma em “novelo”. No entanto, esta mudança na conformação pode não conseguir explicar a rede criada pela sinergia desenvolvida no creme do bombom, visto que, segundo Craig et al. (2012), a temperatura para ocorrer mudança de conformação, é aproximadamente de 55°C e a incorporação dos hidrocolóides no creme, foi efetuada a 45°C (Craig et al., 2012). Por outro lado, a goma de xantana em soluções sem outros hidrocolóides, sofre uma mudança de conformação, a temperaturas mais baixas. Abaixo desta temperatura, a goma de xantana apresenta uma conformação ordenada, cujas moléculas, podem existir como agregados supramoleculares, indo ao encontro do comportamento reofluidificante observado no creme, havendo a destruição destes agregados, a baixas taxas de corte, a possível razão por ocorrer diminuição da viscosidade do creme (Craig et al., 2012). Segundo Casas & García-Ochoa (1999), para temperaturas superiores a 40°C, a goma de xantana adquire uma conformação desordenada, alcançando um máximo de viscosidade quando a temperatura se situa em torno de 60°C. Os autores estudaram o efeito da temperatura de dissolução dos hidrocolóides, na sinergia formada entre a goma de xantana e a goma de alfarroba. Segundo o estudo conduzido, a conformação da goma de xantana influencia a viscosidade dos géis formados com goma de alfarroba. No estudo, as misturas nas quais a goma de xantana foi dissolvida a 40°C possuem as viscosidades mais elevadas, independentemente da temperatura de dissolução da goma de alfarroba (Casas & García-Ochoa, 1999). Desta forma, a temperatura à 45°C (temperatura de incorporação dos hidrocolóides no trabalho prático) pode ter provocado algum grau de mudança na conformação de goma de xantana, beneficiando a viscosidade do creme pastel de nata.

Apesar de a temperatura, no momento de adição dos hidrocolóides, não aparentar ser suficientemente alta para a ocorrência de um gel típico, alguns autores sugerem que a sinergia entre as gomas de alfarroba e de xantana ocorre igualmente a baixas temperaturas. Segundo Craig et al. (2012), a sinergia ocorre tanto a frio como em ciclos de aumento-diminuição da temperatura. Segundo os autores, “a ação da temperatura ambiente (...) resulta em géis elásticos fracos” (Craig et al., 2012). Mannion et al. (1992), estudaram a interação entre as gomas, quando misturadas a frio (25°C), verificando haver uma sinergia entre as mesmas, e a interação a 60°C, concluindo que existem diferentes fatores que afetam a magnitude da sinergia, quando a mistura ocorre a frio e a quente (Mannion et al., 1992). Desta forma, verificando que ocorre sinergia entre

as gomas, mesmo quando adicionadas a frio, pode-se concluir que, a temperatura de incorporação dos hidrocolóides no creme, é suficiente para que ocorra sinergia.

Além da influência dos hidrocolóides na estrutura dos cremes, também o amido exerce um papel na sua viscosidade. Segundo Marcotte et al. (2001), O amido exibe um comportamento reofluidificante caracterizado por um valor de $n < 1$ (Marcotte et al., 2001), explicando o índice de escoamento de ambos os cremes, pois o amido foi utilizado na preparação do creme do bombom e é um ingrediente comum à confecção do creme de pastel de nata tradicional. E ainda, quanto aos solutos dissolvidos, Rao (2007) refere que, num estudo realizado em sumos de laranja e pêra, o aumento da concentração dos sólidos solúveis totais fez aumentar o índice de consistência, podendo ajudar a explicar o facto de o valor do índice de consistência do bombom ser superior ao do pastel de nata referência, uma vez que na preparação do bombom é adicionada uma esferificação inversa de calda de canela e na determinação dos sólidos solúveis totais dos cremes, o creme do bombom tenha apresentado um grau Brix superior (Rao, 2007).

4.3. Revestimento crocante

4.3.1. Atividade de água (a_w)

A medição da atividade de água do revestimento crocante foi realizada após o teste de penetração do Bombom Pastel de Nata. No final de cada teste (dia 1 e dia 5), o bombom foi cortado na transversal, sendo-lhe removido o creme pastel de nata e a esferificação (Figura 51), com o intuito de analisar a atividade de água apenas do revestimento crocante.



Figura 51. Bombom Pastel de Nata cortado na transversal, sem as camadas do seu recheio (creme pastel de nata e esferificação inversa de canela).

A determinação da a_w do revestimento crocante do bombom revelou existir uma diferença entre os valores de “Dia 1” e “Dia 5” (0,657 em “Dia 1” e 0,505 em “Dia 5”) (Tabela 16).

Para determinar se a diferença entre os valores obtidos de a_w é estatisticamente diferente, aplicou-se o teste T para amostras independentes (t), tendo sido necessário aplicar o teste F antes, para verificar o cumprimento do pressuposto da homogeneidade das variâncias. O teste F confirmou o pressuposto, $f(4) = 2,41$, $p = 0,21$. Assim, procedeu-se à realização do teste T que indicou que há diferenças significativas entre os valores de “Dia 1” e “Dia 2” quanto à a_w do revestimento crocante do bombom, $t(8) = 5,17$, $p = 0,00085$ ($p < 0,05$) (Tabela 16).

Tabela 16. Dados estatísticos da determinação da atividade de água do revestimento crocante do Bombom Pastel de Nata.

		Dia 1	Dia 5	
	f	$\bar{x} \pm \sigma$	$\bar{x} \pm \sigma$	t
Atividade de água	2,41	$0,657 \pm 0,041$	$0,505 \pm 0,030$	5,17

Os resultados obtidos da medição de a_w , mostram diferenças significativas entre os valores de a_w . Os resultados obtidos neste teste servem de suporte à explicação dos resultados obtidos na penetração do Bombom Pastel de Nata, na medida em que a diminuição de a_w do revestimento crocante permite apoiar o aumento da sua dureza, igualmente verificado na evolução de “Dia 1 – “Dia 5”, avaliada no teste de penetração.²⁵

4.4. Bombom Pastel de Nata

4.4.1. Análise de textura (teste de penetração)

No teste de penetração realizado ao Bombom Pastel de Nata observou-se uma evolução na curva força *versus* distância. Inicialmente, verificou-se um aumento rápido inicial da força à medida que a sonda se aproximou da amostra. Esta fase terminou quando a sonda começou a entrar na amostra, cuja ação marca o ponto de cedência. Este é o ponto no qual foi exercido a força máxima (pico mais alto no texturograma) e causa uma deformação irreversível na estrutura do bombom (Figura 52). Ocorreu uma compressão do bombom sob a área que entrou em contacto com a sonda, e deformação ao redor da borda da sonda que é proporcional ao seu perímetro.

²⁵ A explicação do cruzamento dos dados obtidos da determinação de a_w e os obtidos da penetração, encontra-se mais à frente, no subcapítulo “Análise de textura (teste de penetração)” (capítulo IV).

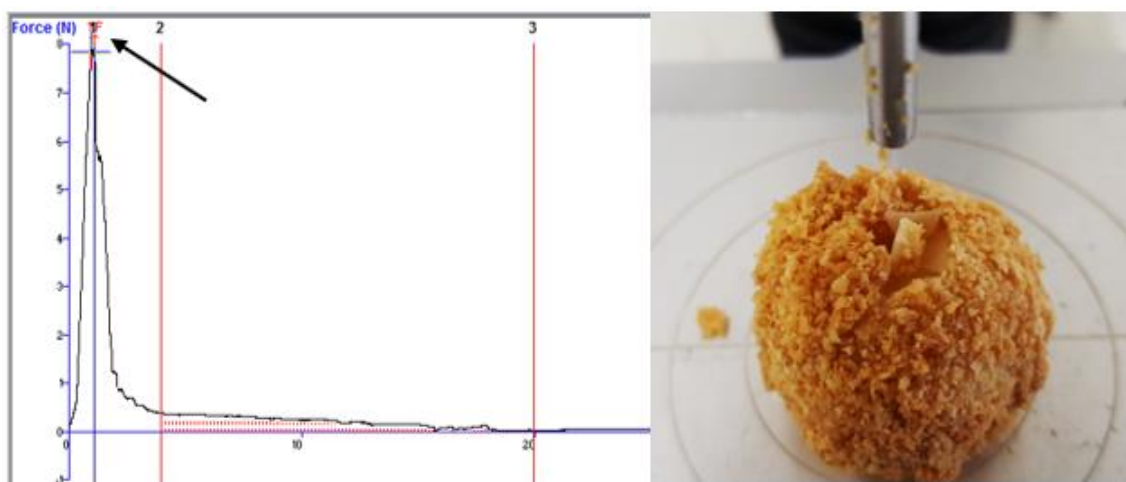


Figura 52. À esquerda, texturograma que mostra o ponto de cedência (indicado pela seta) do revestimento crocante do bombom, e à direita visualização da deformação causada no bombom pela sonda.

No teste de penetração avaliou-se a dureza (N) do revestimento crocante e o trabalho (N.s) necessário para provocar a deformação do creme pastel de nata. Os resultados do parâmetro da dureza (N) encontram-se representados na Figura 53.

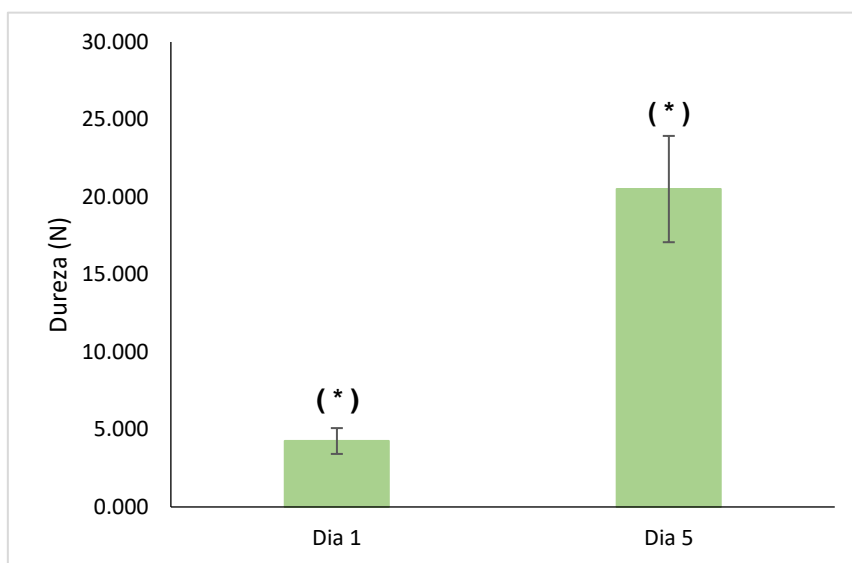


Figura 53. Dureza do revestimento crocante do Bombom Pastel de Nata, avaliada por penetração simples.

(*) Diferenças significativas ($p < 0,05$)

A partir dos texturogramas observou-se que a força necessária a aplicar no teste de penetração, para provocar a mesma deformação, aumentou aproximadamente 5x entre o primeiro dia (0,801 N) de teste e o último (1,415 N).

Para determinar se a diferença entre os valores obtidos é estatisticamente diferente, aplicou-se o teste T para amostras independentes (t). Este teste estatístico requer o pressuposto de homogeneidade das variâncias das variáveis analisadas, “Dia 1” e “Dia 2”. A aplicação deste teste revelou o cumprimento do pressuposto, indicando que as variáveis têm variâncias iguais, $f(2) = 0,06$, $p = 0,06$. Assim, procedeu-se à realização do teste T que indicou que há diferenças significativas entre os valores de “Dia 1” e “Dia 2” quanto à dureza do revestimento crocante do bombom, $t(2) = -6,51$, $p = 0,003$ ($p < 0,05$) (Tabela 17).

A diferença entre os valores obtidos de “Dia 1” e “Dia 2” pode ser relacionada a dois fatores: 1) Humidade relativa de equilíbrio, e 2) Interconversão das formas polimórficas da manteiga de cacau.

1) Sabendo que, o valor de a_w diminuiu ao longo do tempo de armazenamento, poder-se-á afirmar que o aumento da força de penetração poderá estar relacionado com possíveis perdas de água do revestimento. A diminuição de a_w é uma das características que afeta a textura dos alimentos. A crocância está associada a uma queda rápida de força durante a mastigação, que, por sua vez, é baseada na propagação da fratura em materiais frágeis (Heidenreich, et al., 2004). A humidade relativa de equilíbrio de um produto alimentar é definida como a humidade relativa do ar, à qual o alimento se encontra exposto, que não provoca alterações no teor de humidade “natural” do alimento, havendo um equilíbrio com a humidade do ar. Os alimentos com humidade intermediária apresentam valores de a_w entre 0,65 e 0,90 (Sandulachi, 2012). Desta forma, constata-se que, enquanto no 1 dia após a confeção, o revestimento crocante do bombom apresentou valores de a_w intermédios, após 5 dias, os valores de a_w baixaram. O aumento da dureza e a diminuição de a_w , podem estar relacionados com a humidade relativa do ar envolvente, pois alimentos com baixo a_w tendem a ganhar água, enquanto que aqueles com maior a_w tendem a perder água (Dar & Light, 2014).

2) A manteiga de cacau consiste numa mistura de triacilgliceróis com ácidos gordos saturados, monoinsaturados e polinsaturados, sendo predominantes os monoinsaturados (mais de 80%) (Loisela et al., 1998). A manteiga de cacau é responsável por várias características da qualidade dos alimentos, tais como dureza e pressão à temperatura ambiente [em polimorfos estáveis], fusão completa na boca, brilho, e libertação rápida de aromas (Ribeiro, et al., 2015).

Os triacilgliceróis presentes na manteiga de cacau apresentam polimorfismo, podendo apresentar diferentes estados de cristalização. A transformação polimórfica é um processo irreversível que vai da forma menos estável para a forma mais estável, dependendo da temperatura e do tempo envolvidos (Ribeiro, et al., 2015).

O comportamento polimórfico da manteiga de cacau é representado pelas suas seis formas cristalinas distintas (polimorfos), denominadas pelos números romanos de I a VI ou pelas letras gregas α , β e β' . Cada polimorfo tem um ponto de fusão diferente, de 17,3°C (forma I) a 36,6°C (forma VI). As modificações dos cristais na manteiga de cacau, com exceção da forma β VI, podem ser obtidas diretamente do estado líquido, em condições adequadas de arrefecimento. A

transição $\beta V \rightarrow \beta VI$ é mediada apenas pela transformação sólida-sólida durante o armazenamento. Assim, pode pôr-se a hipótese de que o tempo de armazenamento do bombom, no período de 5 dias, teve influência no aumento da força necessária de penetração. Durante o armazenamento, a possível transição dos polimorfos βV para βVI , pode ter conferido estabilidade à manteiga de cacau e aumentado a dureza do revestimento do crocante (Ribeiro, et al., 2015).

Os resultados do trabalho (N.s) necessário para provocar a deformação do creme do Bombom Pastel de Nata encontram-se na Figura 54.

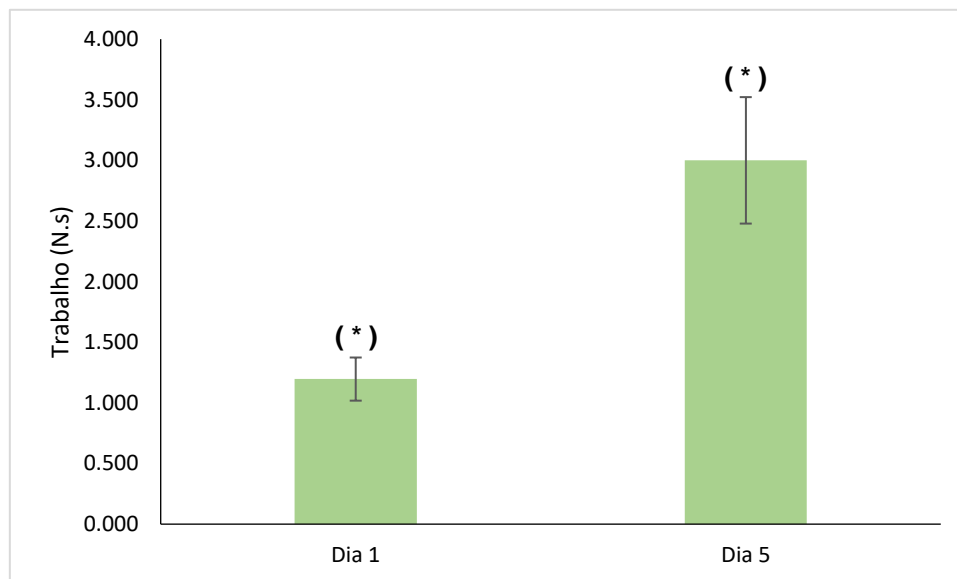


Figura 54. Trabalho necessário para causar a deformação do creme do Bombom Pastel de Nata, avaliado por penetração simples.

(*) Diferenças significativas ($p < 0,05$)

Constata-se que o trabalho exercido pela sonda, quando esta entra no creme do bombom, aumenta de 1,196 N.s (dia 1) para 3 N.s (dia 5). O parâmetro do trabalho (N.s) é dado pela dimensão força *versus* distância, que permite fornecer dados do trabalho exercido pela sonda, medindo a área sob a curva força-distância, desenhada pelo *software* do texturômetro.

Para determinar se a diferença entre os valores obtidos é estatisticamente diferente, aplicou-se o Teste T para amostras independentes (t). A aplicação do teste F revelou o cumprimento da homogeneidade das variâncias, indicando que as variáveis têm variâncias iguais, $f(2) = 0,12$, $p = 0,10$. Assim, procedeu-se à realização do teste T que indicou que há diferenças significativas entre os valores de “Dia 1” e “Dia 2” quanto ao trabalho exercido pela sonda no creme, $t(2) = -4,63$, $p = 0,01$ ($p < 0,05$) (Tabela 17).

A diferença entre os valores obtidos pode estar relacionada com um conjunto de fatores:

- 1) Perda de água (desidratação do creme do bombom) através de fissuras microscópicas, no revestimento crocante;

- 2) Migração da água do creme do bombom para a esferificação de canela (embora pouco provável visto que, a integridade da esferificação manteve-se sempre intacta após a conclusão de cada teste de penetração [os bombons sofreram, no final, um corte transversal a fim de verificar o estado da esferificação]),
- 3) Rearranjos das moléculas dos polímeros presentes no creme do bombom [hidratação continuada da goma de xantana ou dos micro grânulos de açúcar que poderiam estar em suspensão]).

Tabela 17. Dados estatísticos da análise de textura (penetração) ao Bombom Pastel de Nata.

		Dia 1	Dia 5	
	<i>f</i>	$\bar{x} \pm \sigma$	$\bar{x} \pm \sigma$	<i>t</i>
Dureza (N)	0,06	4,25 ± 0,833	20,51 ± 3,430	-6,51
Trabalho (N.s)	0,12	1,20 ± 0,178	3 ± 0,639	-4,63

4.4.2. Análise do perfil aromático

Os dados obtidos de GC-MS permitiram identificar um total de 26 compostos orgânicos, dos quais 14 foram identificados no Bombom Pastel de Nata (Tabela 18 e Figura 55) e 12 no pastel de nata referência (Tabela 19 e Figura 56).

A análise em GC-MS, teve como objetivo a identificação dos compostos voláteis do Bombom Pastel de Nata e do pastel de nata referência²⁶, permitindo posteriormente a sua comparação (Figura 54). O aroma dos produtos alimentares integra uma matriz complexa de compostos voláteis, sendo necessário analisar a contribuição de cada um, para compreender a percepção do aroma global (Audouin et al., 2001). Desta forma, procedeu-se à identificação dos principais compostos responsáveis (protagonistas) pelo aroma percebido nas amostras. Em análises de GC-MS quantitativas, os protagonistas são geralmente identificados pelo seu valor de OAV (*odor activity value*), que estimam a importância de um composto volátil na caracterização de um alimento, com base na razão da concentração de composto, no alimento, pela sua concentração limiar de deteção (OVT – *odor detection threshold*). No entanto, a análise dos compostos voláteis teve como objetivo uma caracterização qualitativa, e não quantitativa. Assim, a identificação dos protagonistas foi realizada através dos valores de OVT que indicam a concentração na qual, 50% dos indivíduos de um painel identificam um odor (Carioua et al., 2016).

No Bombom Pastel de Nata os principais protagonistas foram, por ordem crescente de importância: o **3-metilbutanal**, o **cinamaldeído**, o **2-metilbutanal**, o **D-limoneno** e o **nonanal**.

²⁶ Os cromatogramas individuais do bombom pastel de nata e do pastel de nata referência, encontram-se nos anexos.

Tabela 18. Substâncias identificadas no espectro de massa do Bombom Pastel de Nata.

Pico	TR	Composto	OVT
1	1,982	2-Metilpropanal	0,015
2	2,905	3-Metillbutanal	0,00035
3	3,043	2-Metilbutanal	0,001
4	11,318	α -Pineno	0,1
5	12,745	β -Terpineno	N/A
6	12,888	β -Pineno	0,18
7	13,373	β -Mirceno	0,0445
8	14,549	P-Cimeno	7,2
9	14,699	D-Limoneno	0,045
10	14,8	Eucaliptol	0,014
11	15,662	γ -Terpineno	55
12	17,24	Nonanal	0,0031
13	22,45	(E)-Cinamaldeído	6
14	22,944	Cinamaldeído	0,000081

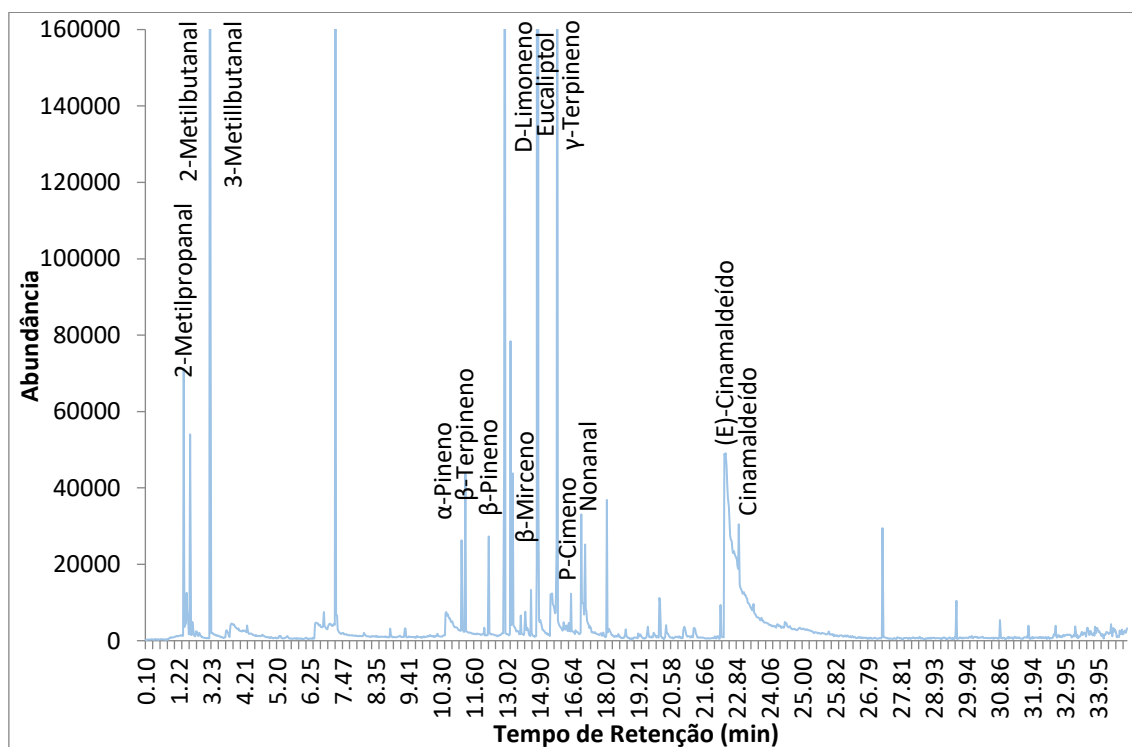


Figura 55. Cromatograma do Bombom Pastel de Nata.

No pastel de nata referência os principais protagonistas identificados foram: o **2,4-decadienal**, o **3-metilbutanal**, o **2-metilbutanal**, o **nonanal** e o **decanal**. Desta forma, verifica-se que os

produtos partilham alguns dos principais compostos voláteis (3-metilbutanal, 2-metilbutanal e o nonanal). A pesquisa dos compostos na literatura revelou aspetos importantes sobre a possível associação dos protagonistas a ingredientes.

Tabela 19. Substâncias identificadas no espectro de massa do pastel de nata referência.

Pico	TR	Composto	OVT
1	2,906	3-Metillbutanal	0,00035
2	3,043	2-Metilbutanal	0,001
3	13,401	2-Pentilfurano	0,019
4	14,693	D-Limoneno	0,045
5	15,549	2,4,6-Trimetildecano	N/A
6	17,223	Nonanal	0,0031
7	20,098	Undecano	5,6
8	20,338	Decanal	0,0026
9	20,458	2,6-Dimetilundecano	N/A
10	21,236	Farnesane	N/A
11	21,418	2,3,5,8-Tetrametildecano	N/A
12	23,643	2,4-Decadienal	0,0003

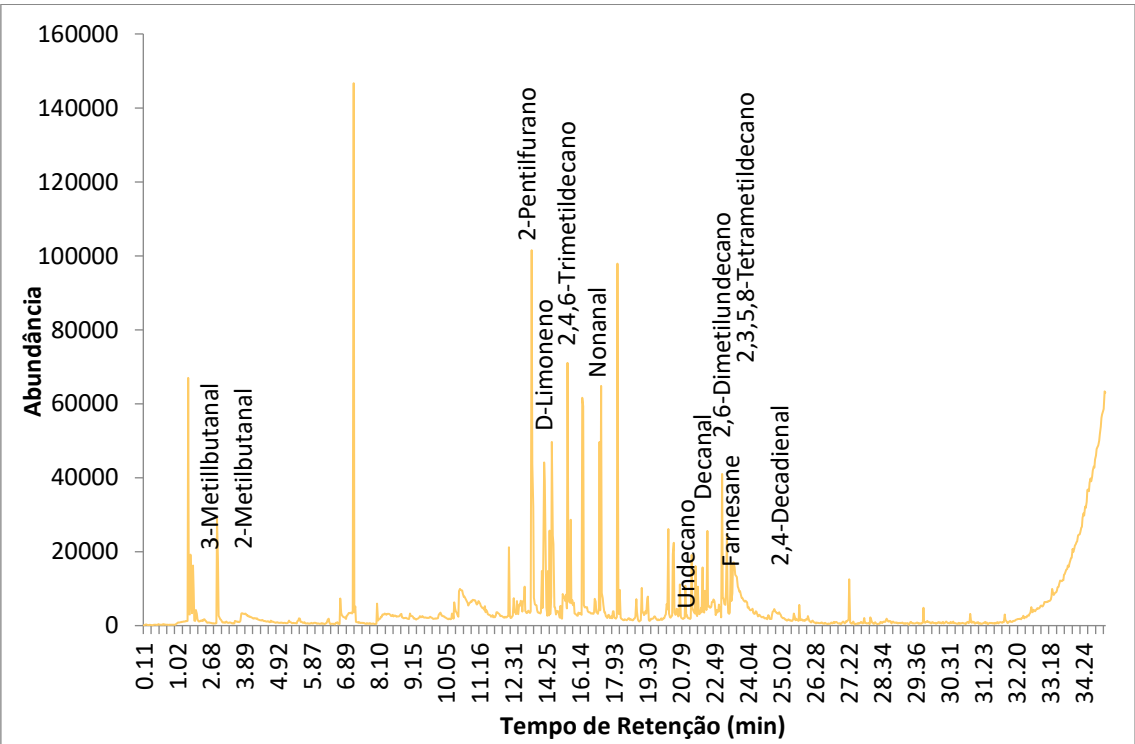


Figura 56. Cromatograma do pastel de nata referência.

Os compostos 3-metilbutanal e 2-metilbutanal são aldeídos de cadeia ramificada identificados como protagonistas em muitos alimentos (Smit et al., 2009). Sensorialmente, o seu aroma é

percebido como chocolate (cacau), malte e amêndoa. Nos alimentos, estes aldeídos são formados através da degradação não-enzimática de Strecker que é induzida pela temperatura e ocorre entre aminoácidos e compostos de carbonilo (Smit et al., 2009). A degradação de Strecker produz principalmente, uma série de aldeídos alifáticos de cadeia curta, após a decomposição de intermediários Amadori, na reação de Maillard. Este tipo de aldeídos alifáticos foi encontrado em manteigas (Bent, 1997; Gassenzner & Schieberle, 1997).

Em manteigas aquecidas, verificou-se que os compostos voláteis encontrados resultam de um aumento em ácidos, lactonas e compostos de carbonilo (Peterson & Reineccius, 2003). Se a temperatura for favorável, o aumento de compostos de carbonilo pode levar a novas reações de degradação de Strecker e por sua vez, à formação de novas moléculas de 3-metilbutanal e 2-metilbutanal. Desta forma, os protagonistas encontrados, 3-metilbutanal e 2-metilbutanal, levam a crer que estas moléculas têm origem na manteiga. No entanto, esta associação é aprofundada mais à frente.

O D-limoneno foi identificado tanto no bombom, como no pastel de nata referência, sendo que no bombom, o D-Limoneno representou um pico mais alto (maior abundância). Na literatura, o D-limoneno foi encontrado no limão (Allegrone et al., 2006; Zhong, et al., 2014). Allegrone et al. (2006), identificaram, além do limoneno, outros monoterpenos (como β -Pineno, o β -Mirceno, α -Pineno e o γ -Terpineno) que constituem o grupo volátil principal do limão. Entre os monoterpenos encontrados, o limoneno foi o mais abundante, seguido do γ -Terpineno, do β -Pineno, do Terpinoleno e do β -Mirceno. Zhong, et al. (2014) também procuraram identificar os compostos voláteis do limão, por GC-MS. Os autores identificaram os terpenos como os principais componentes do aroma do limão, sendo o D-limoneno, o composto volátil mais abundante, seguido dos γ -Terpineno, α -Terpineol, β -Pineno e Careno. Citral, nonanal, decanal e undecanal, foram os quatro aldeídos encontrados pelos autores. Apesar de o citral ser o principal contribuidor do sabor e aroma do óleo de limão e da essência de limão (Zhong, et al., 2014), não foi encontrado nem no pastel de nata referência, nem no bombom. Uma possível causa para a sua ausência desta molécula, é esta ter sido degradada pela temperatura, durante a confecção do bombom / pastel de nata referência (Dugo & Giacomo, 2002). Apesar da ausência do citral (a sua presença contribuiria para a confirmação da origem do D-limoneno como proveniente do limão), o D-limoneno continua a poder associado ao limão, tendo em conta que se verificou a presença da maioria dos monoterpenos (Limoneno, p-Cimeno, β -Pineno, o β -Mirceno, α -Pineno e γ -Terpineno) que caracterizam o aroma do limão, no bombom e no pastel de nata referência.

O nonanal foi outro composto volátil encontrado no bombom e no pastel de nata referência, sendo um dos protagonistas neste último. A identificação do nonanal, na literatura, é extensa. O nonanal foi encontrado em manteigas aquecidas (Peterson & Reineccius, 2003), no limão (Allegrone, Belliardo, & Cabella, 2006) e no leite (Yue, et al., 2015). A descrição do seu aroma a frutos cítricos, presente na literatura, (Yue, et al., 2015) leva a quer que este possa vir do limão.

Na literatura, os cis- e trans- de 2,4-decadienal, foram encontrados num conjunto de alimentos com lípidos associados (e.g. leite e manteiga). O estudo realizado por Gassenzner & Schieberle

(1997), teve como objetivo analisar as diferenças de aroma entre a massa folhada confeccionada com manteiga e a massa folhada confeccionada com margarina. Na comparação dos voláteis das massas folhadas, os autores verificaram que, a massa folhada com margarina apresentou maiores quantidades de (E,Z)-2,4-decadienal e a massa folhada com manteiga, de 3-metilbutanal e δ -decalactona.

A δ -decalactona é um dos principais compostos voláteis presentes na manteiga. A ausência de δ -decalactona, tanto no bombom, como no pastel de nata referência, leva a crer que a massa folhada industrial (utilizada no bombom) não incorpora manteiga, mas sim margarina. Outro composto típico da manteiga é o diacetil (Gassenzneler & Schieberle, 1997). Esta molécula também não foi encontrada em nenhuma das amostras. Por outro lado, a presença de 2,4-decadienal (encontrado na literatura como um composto presente em gorduras insaturadas)²⁷ foi encontrado nas massas folhadas com margarina (Gassenzneler & Schieberle, 1997). Analisando o rótulo da massa folhada utilizada no bombom, verifica-se a presença de óleo de palma e de colza. Ambos os óleos são gorduras insaturadas e em processos industriais, encontram-se geralmente hidrogenados. As gorduras hidrogenadas são conhecidas por apresentar plasticidade, e desta forma, grande parte das massas folhadas industriais recorre à margarina (Gerstenberg Schröder, 2012). Os processos industriais de produção da massa folhada requerem quantidades relativamente elevadas de gordura e, portanto, pode-se presumir que em tais produtos, a gordura contribui significativamente para o aroma. Na indústria alimentar, a gordura pode influenciar o aroma da massa folhada indiretamente, fornecendo precursores que libertam compostos voláteis durante o processo de cozedura (Gerstenberg Schröder, 2012).

Associando o 2,4-decadienal à margarina presente na massa folhada que é utilizada tanto no bombom, como no pastel de nata referência, resta analisar as moléculas 3-metilbutanal e 2-metilbutanal. Estes compostos voláteis foram encontrados em maior quantidade no Bombom Pastel de Nata. Apesar de também terem sido identificadas no pastel de nata referência, a sua abundância sendo superior no bombom, leva a crer que estas não têm origem unicamente na margarina. E como referido anteriormente, ambas as moléculas foram encontradas em manteigas. Assim, poder-se-á deduzir que estas moléculas têm origem na manteiga, mas mais em concreto, na manteiga de cacau utilizada no bombom, que não é tradicionalmente utilizada na confeção do pastel de nata referência.

O cinamaldeído foi encontrado unicamente no bombom. Na literatura, o cinamaldeído é identificado em óleos essenciais de canela e paus de canela. Na caracterização dos compostos voláteis da canela, conduzida por Bongiovann et. al (2017), verificou-se que maioria dos voláteis

²⁷ Segundo Gassenzneler & Schieberle (1997), o 2,4-decadienal foi reportado com o composto aromático mais intenso do ácido linoleico autoxidado. No estudo conduzido pelos autores, o aldeído é formado a partir do ácido gordo insaturado, através do 9-hidroperóxido como intermediário. O estudo mostra que os aldeídos provenientes da peroxidação de ácido linoleico, encontram-se significativamente aumentados na massa folhada com margarina.

identificados pertenceram a aldeídos, enquanto que a presença dos terpenos foi menor. Nas amostras analisadas, o cinamaldeído é confirmado como sendo o componente principal, seguido de o-metoxi cinamaldeído, acetato de cinamilo e benzaldeído (Bongiovanni, Colombo, & Cavallero, 2017). A identificação do cinamaldeído, na literatura, como composto volátil pertencente à canela, permite explicar a identificação deste composto, apenas no Bombom Pastel de Nata. Na confecção do bombom, a canela é aplicada na preparação do creme pastel de nata e na esferificação inversa (núcleo). A ausência da molécula (associada à canela) no pastel de nata referência (cuja aplicação é normalmente realizada pelo consumidor, sob a forma de pó), corrobora a associação do cinamaldeído à canela que aplicada durante o processo de confecção do Bombom Pastel de Nata.

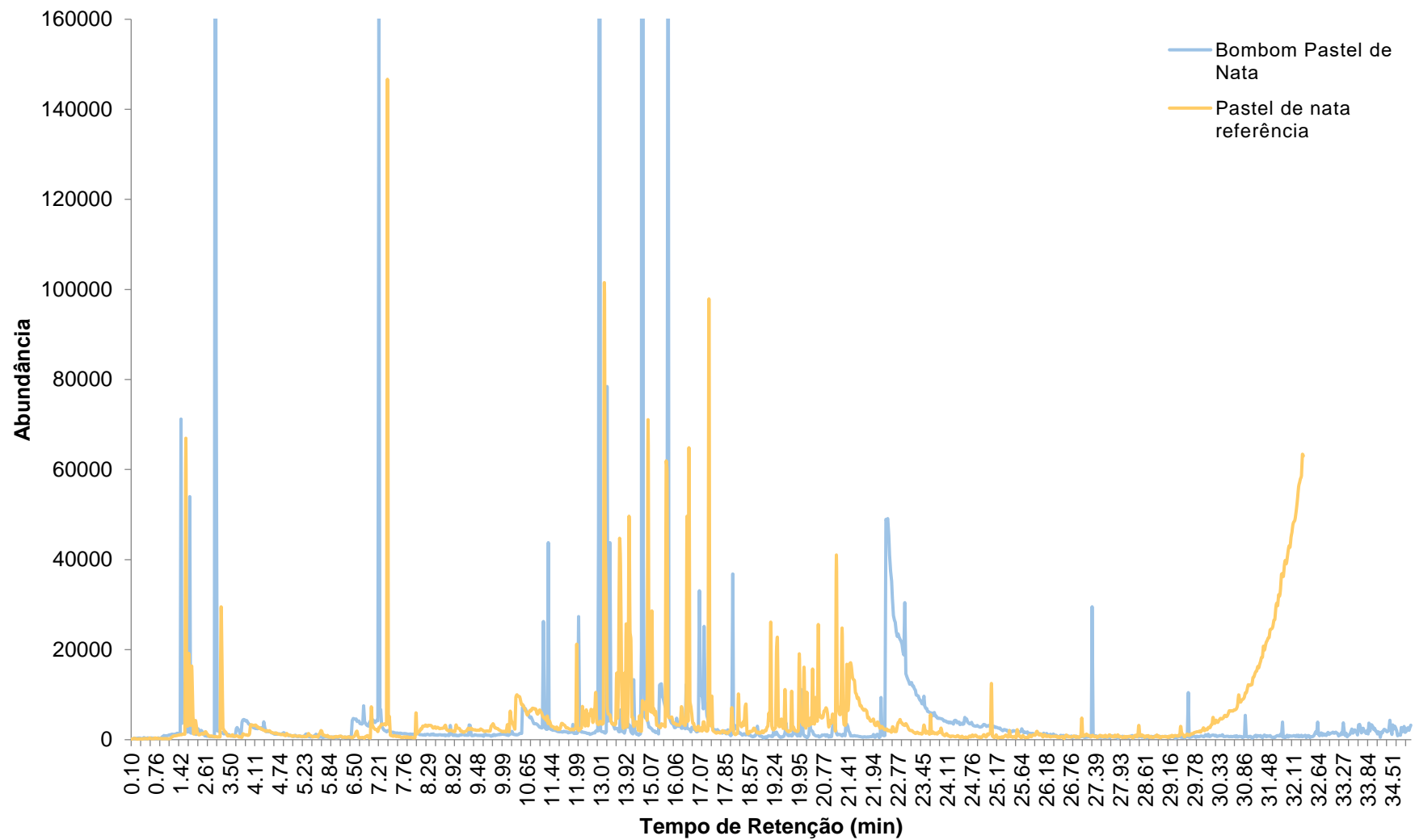


Figura 57. Comparação entre os cromatogramas do Bombom Pastel de Nata e do pastel de nata referência.

4.4.3. Análise microbiológica

Os resultados da análise microbiológica (Tabela 20) foram obtidos com base nos critérios microbiológicos estabelecidos pelo Laboratório de Microbiologia do Instituto Superior de Agronomia.

Tabela 20. Resultados da análise microbiológica ao Bombom Pastel de Nata (adaptados do boletim microbiológico).

Amostra (Data de pedido)	Quantificação de mesófilos	Quantificação de bolores e leveduras	Quantificação de coliformes	Quantificação de <i>E. coli</i>	Pesquisa de <i>Salmonella</i> sp
	ISO 6610	NP 3277-1	NP 3788	ISO 16649-2	
Limites	<10 ³ UFC / g	<10 ² UFC / g	<10 ³ UFC / g	<10 UFC / g	Ausente em 25 g
Bombom T0	1,5 × 10 ⁴ UFC / g	1,8 × 10 ³ UFC / g	20 UFC / g	<10 UFC / g	Ausente em 25 g
Bombom T1	7,4 × 10 ⁴ UFC / g	5,3 × 10 ³ UFC / g	1,2 × 10 ² UFC / g	<10 UFC / g	Ausente em 25 g

Na quantificação de mesófilos, o limite máximo estabelecido pelo laboratório é de valores inferiores a <10³ UFC / g. Este critério microbiológico é estabelecido pela ISO 6610 referente a leites e produtos derivados do leite, com contagem de microrganismos a 30°C (ISO, 2003). Observa-se que, tanto em T0 (dia 1) como em T1 (dia 5), a contagem de mesófilos, e bolores e leveduras é superior ao limite estabelecido. Sabendo que a maioria das bactérias de deterioração não cresce abaixo de valores de $a_w = 0,91$ (Jay et al., 2005), e que os valores de a_w , da esferificação inversa e revestimento crocante, foram respetivamente 0.808 e 0.657, leva a crer que os resultados obtidos de T0, da quantificação de mesófilos, possam ser associados ao creme pastel de nata que apresentou um valor de $a_w = 0,977$. Quanto à quantificação de bolores e leveduras, o valor da carga microbiana para T0 foi igualmente superior ao limite. Neste caso, os bolores podem crescer em valores tão baixos de a_w quanto 0,80 (Jay et al., 2005), sendo que todas as camadas do bombom apresentam condições de a_w favoráveis ao seu crescimento. No entanto, torna-se necessário analisar os valores obtidos em T0 (superiores ao limite), na quantificação de mesófilos e bolores e leveduras, compreendendo que os valores obtidos em T1, para as mesmas quantificações, resultam da proliferação da carga microbiana inicialmente presente em T0.

Em geral, a resistência dos microrganismos ao calor está relacionada com as suas temperaturas de crescimento ótimas. Quanto às bactérias, as que formam esporos são mais resistentes ao calor assim como bactérias gram-positivas (em relação às bactérias gram-negativas). Quanto às leveduras e os bolores, estes tendem a ser bastante sensíveis ao calor (Jay et al., 2005). Desta forma, a presença dos mesófilos, leveduras e bolores em valores superiores ao limite estabelecido, pode dever-se ao processo de preparação do bombom que ocorre após o processamento térmico do creme pastel de nata.

Os mesófilos representam um grupo abrangente de bactérias cuja temperatura ótima de crescimento varia entre 20 e 45°C (Ferreira et al., 2010). Supondo que o limite excedido de mesófilos esteja associado ao creme pastel de nata (valores de a_w favoráveis ao crescimento bacteriano), e sabendo que o mesmo é cozinhado até ao ponto de começar a ferver ($T > 100^\circ\text{C}$ devido à presença dos diversos ingredientes que compõem o creme²⁸), a presença de mesófilos pode ser apontada ao processamento do creme, após este ser cozinhado. Segundo Jay et al., (2005), “os alimentos [que] são frequentemente preparados à mão, e [sob] contato direto pode levar a uma incidência maior de agentes de intoxicação alimentar, como *Staphylococcus*” (Jay et al., 2005). Segundo Saranraj & Geetha (2012), a *Staphylococcus aureus* é uma das principais bactérias responsáveis pela contaminação de produtos de pastelaria / padaria, encontrando-se especialmente associada a cremes (Saranraj & Geetha, 2012). Assim, a pós-manipulação do creme pastel de nata, i.e., durante a incorporação dos hidrocolóides e montagem do bombom, pode ter apresentado momentos propícios à contaminação por esta bactéria, visto que a produção artesanal do bombom torna necessário recorrer à manipulação com as mãos e que a *Staphylococcus aureus* faz parte da microflora da pele (Ferreira et al., 2010). Mais; sendo o processo de produção do bombom demorado (*versus* um processo automatizado industrial) e realizado à temperatura ambiente, o crescimento de mesófilos era considerado previsível.

Tal como referido, na quantificação de bolores e leveduras o valor da sua contagem é igualmente superior ao valor limite estabelecido. O crescimento de bolores é, geralmente, o principal fator que limita a vida útil dos produtos de padaria / pastelaria (a maior parte dos bolores, cresce em produtos com valores de $a_w > 0,8$) (Saranraj & Geetha, 2012). Os bolores são normalmente destruídos pela ação da temperatura na confeção dos produtos, no entanto, a sua presença, acima do limite, pode ser explicada por: 1) Contaminação cruzada de utensílios contaminados e/ou contaminação por via aérea (contaminações pós-tratamento térmico); 2) A preparação das amostras do bombom (a serem analisadas) ter sido realizada no verão. A contagem de esporos de bolores é superior nos meses de verão, devido a condições mais húmidas (Saranraj & Geetha, 2012), ou 3) A presença inicial (T_0) ter sido intensificada pelo acondicionamento do bombom no frigorífico (alta humidade relativa), favorecendo o crescimento de bolores.

A quantificação de coliformes e *E. coli* não ultrapassaram os limites máximos estabelecidos. Os resultados obtidos da quantificação de *E. coli*, podem ser indicadores de boas práticas de higiene

²⁸ O aumento da temperatura a que o creme começa a ferver encontra-se explicado no subcapítulo “Análise de perfil de textura” (Capítulo IV).

visto que este é um indicador de contaminação fecal. A pesquisa de salmonela apresentou parâmetros igualmente satisfatórios ao se encontrar ausente em 25 g de amostra do bombom. Num estudo realizado em alimentos preparados e embalados comercialmente, 17 de 247 testaram positivamente para presença de *Salmonella*. Entre os alimentos contaminados encontravam-se misturas de bolos, massa de biscoitos e diversas variedades de pães (Jay et al., 2005). No entanto, num outro estudo sobre a destruição de *Salmonella* em alimentos de padaria/pastelaria, verificou-se que, estes produtos que atingem uma temperatura de 70°C ou mais na região central do produto (que demora mais tempo a aquecer), encontravam-se livres de *Salmonella*. Assim, a sua ausência pode tanto indicar boas práticas de higiene e/ou tratamento térmico adequado, na confecção do bombom.

4.4.4. Análise sensorial

A análise sensorial do bombom incidiu na avaliação hedônica dos atributos: **cor**, **aparência**, **aroma**, **textura**, **sabor** e **apreciação global**, assim como na avaliação da **intenção de compra** do Bombom Pastel de Nata. Os resultados obtidos da análise sensorial encontram-se representados na Figura 58.

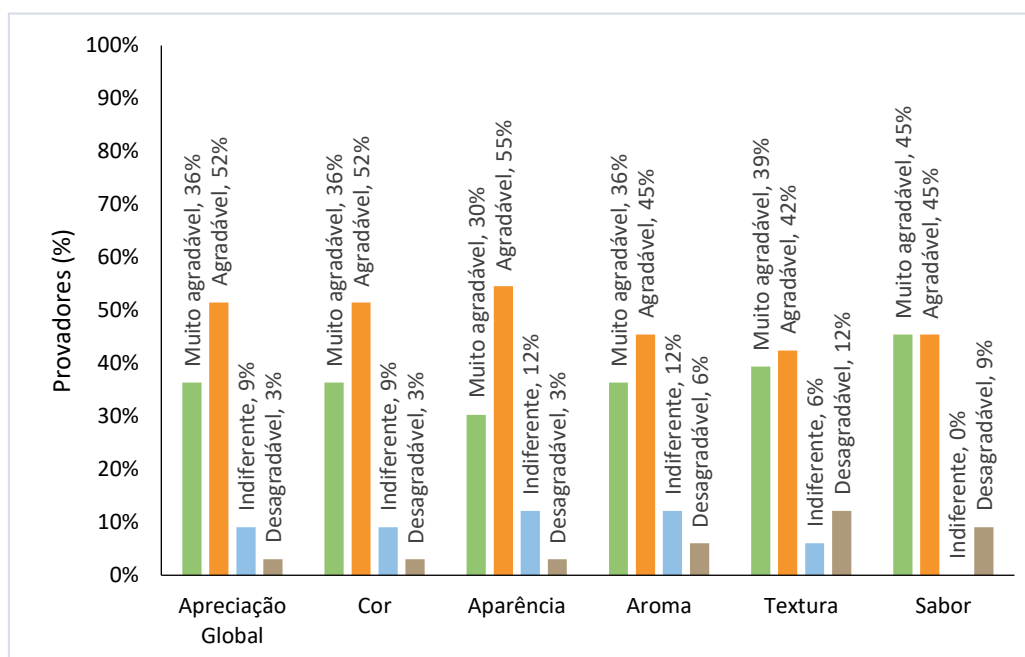


Figura 58. Atributos da análise sensorial efetuada ao Bombom Pastel de Nata.

Os resultados mostram que a maioria das respostas do painel quanto à classificação dos atributos recaiu sobre “Muito agradável” e “Agradável”. A soma das percentagens das classificações “Muito agradável” e “Agradável”, dos atributos avaliados, varia entre 81 – 90%, enquanto que a soma das classificações “Indiferente” e “Desagradável”, varia entre 9 – 18%. Os atributos que obtiveram a soma destas classificações mais alta foram o aroma e a textura, ambos

com 18% das classificações atribuídas pelo painel. O atributo “Textura” foi o que apresentou o valor mais alto da classificação “Desagradável” (12%) ou seja, a maior incidência da classificação mais negativa e o atributo “Sabor” apresentou o valor mais alto da classificação “Muito agradável”, a classificação mais positiva, além de ter sido o atributo com soma das percentagens de respostas aos parâmetros “Muito agradável” e “Agradável” mais alta (90%). A classificação “Muito desagradável” não se encontra presente no gráfico por não ter sido atribuída a nenhum dos atributos pelo painel.

A apreciação global foi analisada quanto à existência de uma associação com as respostas dadas pelos provadores sobre o hábito de consumo de doces²⁹ e a associação entre o produto da análise sensorial e um doce tradicional português³⁰. Para averiguar a existência de uma associação significativa entre as variáveis, realizou-se o teste estatístico de Qui-Quadrado, concluindo que: 1) Não há uma associação significativa entre a apreciação global e o hábito de consumo de doces, $\chi^2(3) = 0,310$, $p = 0,958$ ($p > 0,05$); 2) Há uma associação significativa entre a apreciação global e a associação entre o produto da análise sensorial e um doce tradicional português, $\chi^2(3) = 21,160$, $p = 0,048$ ($p < 0,05$). Observa-se que a maioria (55 %) dos provadores que associaram o sabor do produto provado ao pastel de nata, classificaram o bombom como “muito agradável”.

A Figura 59 representa a distribuição dos pontos médios dos atributos e da intenção de compra.

²⁹ Remete à pergunta de que se encontra no “Perfil do consumidor” da ficha de análise sensorial (anexos): “Costuma comprar novos produtos alimentares que sejam lançados no mercado?”

³⁰ Remete à pergunta que se encontra na “Ficha de Prova” da ficha de análise sensorial (anexos): “Após ter provado o produto, associaria o sabor do produto a algum doce tradicional português?”

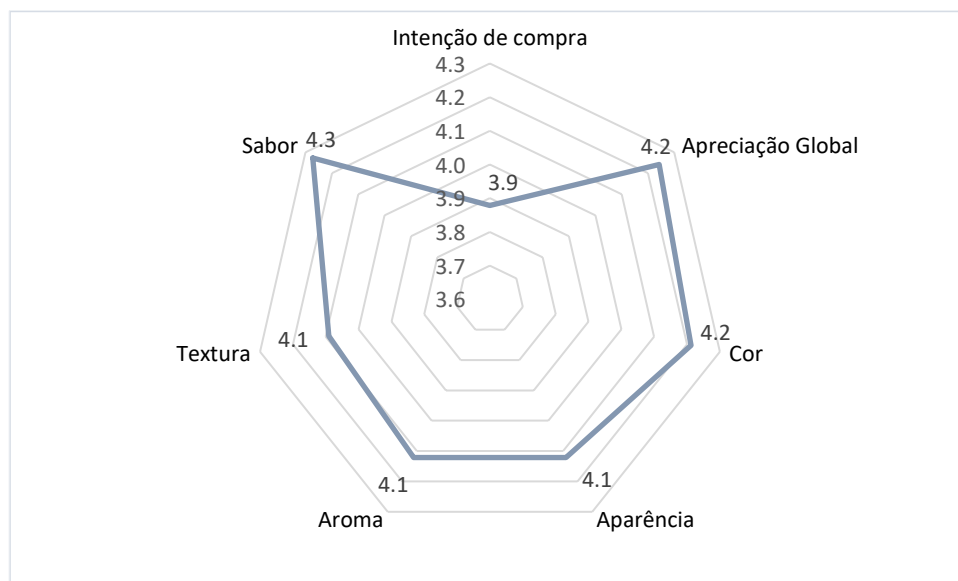


Figura 59. Representação dos valores médios dos atributos sensoriais e da intenção de compra.

Observa-se que o valor médio mais alto foi o do atributo sensorial “Sabor” (4,3) que (em valores aproximados) corresponde à classificação “Agradável”, tal como observado na Figura 63. Por outro lado, o valor médio mais baixo corresponde à intenção de compra (3,9) que corresponde à classificação “Provavelmente compraria”. Os resultados da intenção de compra encontram-se, mais detalhados na Figura 60.

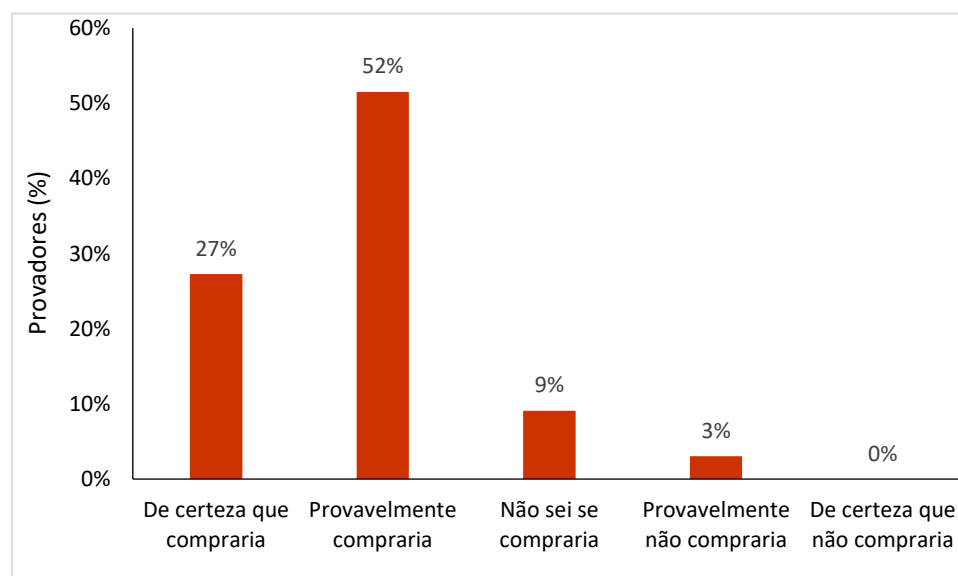


Figura 60. Intenção de compra do Bombom Pastel de Nata.

Os resultados da intenção de compra mostram que a maioria dos provedores (52%) “Provavelmente compraria” o bombom. O segundo maior valor (27%) recai sob a classificação

“De certeza que compraria”. Os resultados da intenção de compra não só mostram a sua importância por apresentarem valores “prováveis de compra” altos, como também, os seus valores podem ajudar a inferir sobre a minimização de “estranheza” ao bombom, que não só era um produto de prova incógnito para os provadores, como também é um produto alimentar novo. Deve-se salientar que tanto na intenção de compra, como nos restantes atributos avaliados pelos provadores, nenhum apresentou respostas nos campos de classificação “mais negativos”, ou seja, “De certeza que não compraria” e “Muito desagradável”.

A intenção de compra foi analisada quanto à existência de uma associação com o atributo “Apreciação Global”. Para averiguar a existência de uma associação significativa entre as variáveis, realizou-se o teste estatístico do Coeficiente de Correlação de Spearman, concluindo que a intenção de compra está significativamente associada à apreciação global, $r_s = 0,598$, $p = 0,0001$ ($p < 0,05$).

A intenção de compra foi ainda analisada quanto à existência de uma associação com as respostas dadas pelos provadores sobre o hábito de consumo de doces e a associação entre o produto da análise sensorial e um doce tradicional português. Para averiguar a existência de uma associação significativa entre as variáveis, realizou-se o teste estatístico de Qui-Quadrado, concluindo que: 1) Não há uma associação significativa entre a intenção de compra e o hábito de consumo de doces, $\chi^2 (3) = 2,48$, $p = 0,479$ ($p > 0,05$); 2) Há uma associação significativa entre a intenção de compra e a associação entre o produto da análise sensorial e um doce tradicional português, $\chi^2 (3) = 24,295$, $p = 0,019$ ($p < 0,05$). Observa-se que a maioria (65 %) dos provadores que associaram o sabor do produto provado ao pastel de nata, “provavelmente compraria” o bombom. Observa-se igualmente que a maioria (35 %) dos provadores que “de certeza que compraria” o produto avaliado (bombom), associou o produto ao pastel de nata.

Tal como referido anteriormente, um dos objetivos da análise sensorial era verificar se os provadores associavam o sabor do produto analisado (os provadores não conheciam o produto) ao pastel de nata. Antes de lhes ser pedido que fizessem esta associação, os provadores tinham de responder se associavam o sabor a outro doce, ou não. Do total dos 33 provadores, 2 responderam negativamente à associação do sabor do produto analisado a outro doce. Desta forma, a partir das 31 respostas positivas (existência de uma associação), procedeu-se à análise dos resultados. A associação sugerida albergava os seguintes doces tradicionais portugueses: leite creme, arroz doce, pastel de nata, tigelada e pastel de feijão. A escolha destes doces, a fim de verificar a associação entre o bombom e o pastel de nata, incidiu sobre o facto de estes apresentarem ingredientes e métodos de confeção em comum, constituindo um grupo de doces

tradicionais da gastronomia portuguesa. Os resultados obtidos encontram-se representados na Figura 61.

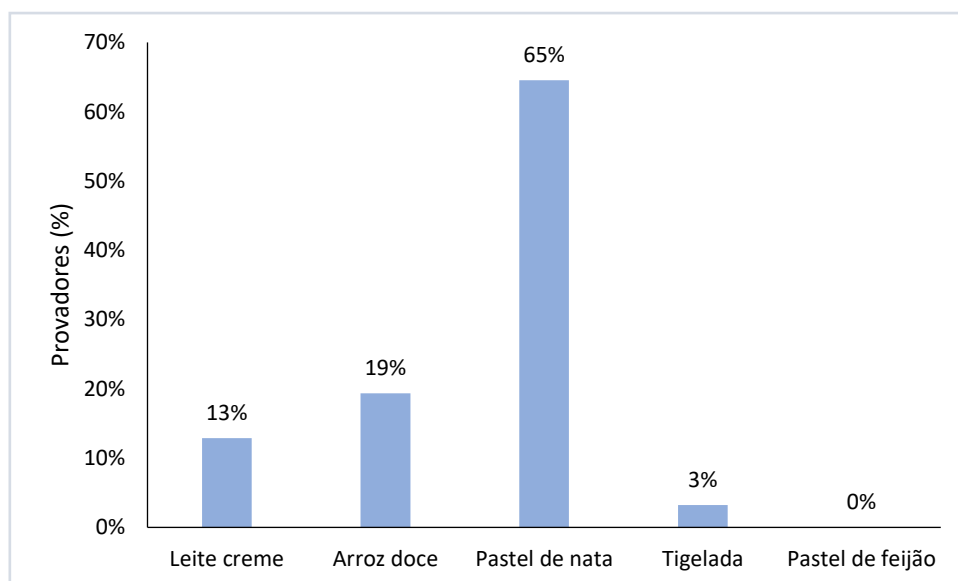


Figura 61. Associação entre o sabor do Bombom Pastel de Nata e outros doces tradicionais portugueses.

Na análise às respostas obtidas, verificou-se que a maioria dos provadores (65%) associou o sabor do bombom ao sabor do pastel de nata. A segunda associação com maior relevância foi feita com o arroz doce (19%), seguida da associação com o leite creme (13%). Verificou-se que nenhum dos provadores associou o sabor do bombom ao do pastel de feijão. Este resultado pode se dever à percepção de diferenças entre o sabor dos doces ou, ainda por o pastel de feijão ser um doce menos conhecido, não suscitando tantas “memórias” do seu sabor. Pode-se concluir que o sabor do Bombom Pastel de Nata obteve uma associação satisfatória com o sabor do pastel de nata tradicional. Este resultado, ajuda a validar o processo de desenvolvimento do bombom, a partir do qual, se procurou criar um produto baseado no pastel de nata tradicional e que obtivesse uma aceitabilidade positiva.

Capítulo V – Conclusão

O desenvolvimento de novos produtos alimentares é uma tendência atual da estratégia de vendas e marketing, que surge como uma necessidade de sobrevivência, no mercado competitivo. A procura por novos produtos leva ao investimento em investigação e desenvolvimento (I&D) de novos ingredientes e técnicas culinárias. As vantagens que os hidrocolóides apresentam, nomeadamente ao nível da melhoria da textura e aumento do tempo de vida útil dos produtos, refletem a sua importância na área alimentar. A goma de xantana tem-se tornado o espessante de eleição em muitas aplicações, devido à sua versatilidade e estabilidade em meios com mudanças de pH, temperatura e presença de sais. A sinergia entre os hidrocolóides é igualmente procurada por proporcionar texturas únicas que não se obtêm através da aplicação individual dos hidrocolóides em questão.

No creme pastel de nata desenvolvido, a aplicação dos hidrocolóides contribuiu para a formação de uma matriz semelhante à do creme pastel de nata referência. No creme desenvolvido, apesar de sua matriz gelificada pela interação dos ingredientes e a temperatura de fabrico ser destruída pela trituração do creme, a adição dos hidrocolóides permitiu obter géis fluidos que se assemelharam ao creme do pastel de nata tradicional. Concluiu-se que a estrutura do creme do Bombom Pastel de Nata se deveu à sinergia entre a goma de alfarroba e a goma de xantana, cuja interação, mesmo quando incorporados à temperatura ambiente, permite produzir géis fracos. Ainda que a κ -carragenina esteja presente na mistura de hidrocolóides utilizado no trabalho (elastic), a sua ação no creme foi, possivelmente, próxima de nula, devido à necessidade de se aplicarem temperaturas superiores a 70°C para ocorrerem mecanismos de gelificação, com este hidrocolóide. Em trabalhos futuros, o estudo da sinergia entre as gomas referidas, sem a ação do κ -carragenina, poderá fornecer informações sobre a interação das gomas e a sua ação específica no creme. Apesar da semelhança entre os valores da análise de textura e de reologia entre o creme do Bombom Pastel de Nata e do pastel de nata referência, verificou-se existir uma diferença significativa estatisticamente quanto aos valores de firmeza e adesividade, tendo o pastel de nata referência ter apresentado valores superiores. Quanto à viscosidade dos cremes, ambos os cremes apresentaram um comportamento reofluidificante (diminuição da viscosidade com o aumento da velocidade de deformação). O pastel de nata referência apresentou um grau de estruturação superior (valor mais alto de G^0_N), possivelmente devido ao emaranhamento polimérico entre as proteínas e os polissacarídeos presentes no creme.

Além de utilizada no creme, a goma de xantana foi igualmente utilizada na esferificação inversa de canela. O procedimento de encapsulação da calda de canela foi possibilitado pela adição da goma de xantana que permitiu aumentar a viscosidade da calda, tornando possível a obtenção de esferificações.

O isomalte, utilizado no revestimento crocante de massa folhada demonstrou ser um adoçante apropriado na conservação da crocância da massa folhada. O isomalte, por apresentar uma

baixa higroscopia, torna-se um produto adequado na conservação da textura da massa folhada, além do seu poder adoçante não tornar o bombom excessivamente doce.

A avaliação da textura, realizada através do teste de penetração realizado ao bombom, ao longo do tempo, revelou um aumento da força necessária para a sonda fraturar o revestimento crocante. Este resultado aliado à diminuição do a_w no crocante, indica ocorrer perda de água no revestimento através do equilíbrio da humidade relativa. Outra explicação para o aumento da dureza do revestimento é a transição dos polimorfos da manteiga de cacau, ao longo do tempo que o bombom foi armazenado. A manteiga de cacau apresentou vantagens ao desenvolvimento do bombom: 1) Permitiu obter uma camada resistente de proteção do creme contra a humidade, 2) Permitiu obter uma camada praticamente insípida, não interferindo no “sabor a pastel de nata”, e 3) Permitiu aderir a massa folhada ao bombom.

Em GC-MS, a aplicação da técnica *salting-out* permitiu observar um aumento da libertação das moléculas voláteis. A identificação das moléculas, permitiu verificar que o bombom pastel e nata e o pastel de nata referência apresentam voláteis em comum. Estes compostos foram o 3-metilbutanal, 2-metilbutanal (ambos identificados como sendo provenientes da manteiga/margarina), o nonanal e o decanal (provavelmente proveniente do limão) e o D-limoneno (um composto importante do aroma do limão). Além destes compostos, foi identificado o cinamaldeído (composto volátil típico da canela), presente unicamente no bombom (não foi adicionada canela ao pastel de nata referência). A identificação do cinamaldeído unicamente no bombom, permite identificá-lo como pertencente à canela que foi incorporada na esferificação inversa e na confeção do creme. A associação entre o cinamaldeído e a canela, baseia-se ainda no facto de a canela ser normalmente adicionada pelo consumidor, sob a forma de pó, ao pastel de nata tradicional.

Na análise sensorial verificou-se existir a predominância das classificações hedónicas “Muito agradável” e “Agradável”, em todos os atributos avaliados (cor, sabor, textura, aroma, aparência e apreciação global). O sabor foi o atributo que apresentou o valor mais alto da classificação “Muito agradável” (45%) e o atributo “textura” apresentou o valor mais alto da classificação “Desagradável” (12%). No entanto, a avaliação mais baixa da textura, não pode ser associada a uma camada específica do bombom, não permitindo saber qual das camadas foi percebida como menos agradável. A classificação hedónica “Muito desagradável” não foi utilizada em nenhum dos atributos avaliados. A intenção de compra apresentou o valor médio mais baixo, em comparação com os valores médios dos atributos. No entanto, quando o valor médio da intenção de compra (3.9) é correspondido à resposta que o representa – “provavelmente compraria”, o valor, ainda que o mais baixo, apresenta uma classificação satisfatória. E, constatou-se que a maioria (65 %) dos provadores que associaram o sabor do produto provado ao pastel de nata, “provavelmente compraria” o bombom. Verificou-se que 65% dos provadores associaram o sabor do bombom ao do pastel de nata tradicional, podendo desta forma concluir-se que o produto desenvolvido cumpriu o objetivo de ser identificado ao sabor do pastel de nata tradicional. E,

constatou-se que a maioria (65 %) dos provadores que associaram o sabor do produto provado ao pastel de nata, “provavelmente compraria” o bombom.

A análise microbiológica indicou que a quantificação de mesófilos, e de bolores e leveduras, apresentou valores acima dos limites impostos pelos critérios microbiológicos estabelecidos. A proliferação dos mesófilos deverá ter ocorrido com maior incidência no creme pastel de nata (em oposição à esferificação inversa de canela e revestimento crocante) pois o creme é a única camada do bombom que apresenta condições de a_w favoráveis ao crescimento deste grupo de bactérias. Quanto aos bolores e leveduras, a sua presença em produtos de pastelaria / padaria é normalmente associada aos cremes. Sabendo que as leveduras e os bolores são sensíveis ao calor, e que o creme pastel de nata é confeccionado até ao momento que começa a ferver, o valor alto da quantificação deste grupo de microrganismos pode indicar que a sua presença se deve a uma proliferação pós-tratamento térmico do creme. Desta forma, os valores da quantificação de mesófilos, bolores e leveduras podem estar relacionados com o manuseamento do bombom com as mãos e/ou tempo de montagem do bombom. Por outro lado, a quantificação de coliformes e *E. coli* não ultrapassou os limites máximos estabelecidos, assim como a pesquisa de salmonela. Desta forma, pode-se concluir que, com um melhoramento das condições de preparação do bombom (e.g. estabelecimento de controlos de temperatura, tempos de preparação – início do desenvolvimento de um sistema de HACCP), a fim de diminuir a carga microbiana do grupo de microrganismos cujos valores se encontraram a cima do limite, o prazo de validade estabelecido (5 dias) pode se tornar o prazo oficial do produto desenvolvido.

Em conclusão, os testes realizados ao bombom permitiram a sua caracterização, por norma, necessária ao desenvolvimento de novos produtos alimentares. A decisão de estabelecer um pastel de nata como referência, permitiu que os testes realizados ao bombom, pudessem ter um produto de comparação, e serem interpretados e analisados, com base em características de um produto já comercializado (pastel de nata tradicional). Os resultados da análise sensorial permitiram concluir que o produto desenvolvido, foi positivamente aceite pelos provadores que realizaram a análise. Novos estudos de mercado seriam, no entanto, necessários para uma melhor compreensão do sucesso do lançamento do produto no mercado.

Referências bibliográficas

- Abi-Sâmara, R. (2012). Egg tarts ou pastéis de nata? A tradução da tradição em Macau. *Linguagem, cultura e interação: espaços simbólicos construídos em Língua Portuguesa na China e em Macau*.
- Agência Lusa. (2017). 'Chefs' George Mendes e Dominique Ansel recriam pastel de nata em Nova Iorque. Obtido de Diário de Notícias: <http://www.dnoticias.pt/mundo/chefs-george-mendes-e-dominique-ansel-recriam-pastel-de-nata-em-nova-iorque-AF1601983>
- Ahmed, J., Ptaszek, P., & Basu, S. (2017). *Advances in Food Rheology and Its Applications*. Elsevier.
- Algranti, L. M. (2002). *Doces de ovos, doces de freiras: a doçaria dos conventos portugueses no Livro de Receitas da irmã Maria Leocádia do Monte do Carmo (1729)*. Cadernos Pagu.
- Allegro, G., Belliardo, F., & Cabella, P. (2006). Comparison of Volatile Concentrations in Hand-Squeezed Juices of Four Different Lemon Varieties. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, pp. 1844-1848.
- Almeida, F. d. (1922). *História da Igreja em Portugal: 1750-1910*. Imprensa académica de Coimbra.
- Audouin, V. B., Vickers, Z. M., & Reineccius, G. A. (2001). Limitations in the Use of Odor Activity Values to Determine Important Odorants in Foods. Em J. V. Leland, P. Schieberle, A. Buettner, & T. E. Acree, *Gas Chromatography-Olfactometry* (pp. 156–171). American Chemical Society.
- Autoridade de Segurança Alimentar e Económica. (2017). *Segurança Alimentar - Aditivos Alimentares*. Obtido de Autoridade de Segurança Alimentar e Económica: <http://www.asae.pt/pagina.aspx?f=1&back=1&codigono=5960596361426144AAAAAAA>
- A
- Banerjee, S., & Bhattacharya, S. (2011). Food Gels: Gelling Process and New Applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, pp. 334-346.
- Barak, S., & Mudgil, D. (2014). Locust bean gum: Processing, properties and food applications - A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, pp. 74-80.
- Barham, P., Skibsted, L. H., Bredie, W. L., Frøst, M. B., Møller, P., & Risbo, J. (2010). *Molecular Gastronomy: A New Emerging Scientific Discipline*. American Chemical Society.
- Barn, H. A. (2000). *A handbook of elementary rheology*. University of Wales Institute of Non-Newtonian Fluid Mechanics.

- Beckley, H. J., Foley, M. M., Topp, E. J., Huang, J. C., & Prinyawiwatkul, W. (2007). *Accelerating New Food Product Design and Development*. Iowa: Blackwell Publishing and the Institute of Food Technologists.
- Bekhit, M., Sánchez-González, L., Messaoud, G. B., & Desobry, S. (2016). Design of microcapsules containing *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* in alginate shell and xanthan gum with nutrients core. *LWT - Food Science and Technology*, 446-453.
- Belitz, H.-D., Schieberle, P., & Grosch, W. (2009). *Food Chemistry*. Springer.
- BeMiller, J., & Whistler, R. (2009). *Starch: Chemistry and Technology*. Academic Press.
- Bent, A. B. (1997). *The Technology of Cake Making*. Springer US.
- Bertrand, R. (2016). *Vamos beber um pastel de nata?* Obtido de Sábado: <http://www.sabado.pt/gps/gourmet/restaurantes/detalhe/vamos-beber-um-pastel-de-nata>
- Bonem, M. (2017). *Dominique Ansel and Aldea's George Mendes Come Together to Make Amazing Egg Tarts for One Weekend Only*. Obtido de Food & Wine: <http://www.foodandwine.com/news/dominique-ansel-collaborates-with-aldeas-george-mendes-on-new-limited-release-egg-tarts>
- Bongiovanni, V., Colombo, M. L., & Cavallero, A. T. (2017). Determining Odor-Active Compounds in a Commercial Sample of *Cinnamomum cassia* Essential Oil Using GC-MS and GC-O. *Journal of Chromatography*.
- Bourne, M. C. (2002). *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*. Elsevier Science & Technology Books.
- Braga, I. D. (2014). Confeiteiros na Época Moderna: Cultural, Material, Produção e Conflituosidade. Em C. Soares, & I. Macedo, *Ensaio sobre o património luso-brasileiro* (pp. 165 - 192). Annablume Editora.
- Braga, I. D. (2015). *Sabores e segredos: receitas conventuais portuguesas da Época Moderna*. Imprensa da Universidade de Coimbra.
- Brenner, M. P., & Sorensen, P. M. (2015). *Biophysics of Molecular Gastronomy*. Obtido de Cell: [http://www.cell.com/cell/fulltext/S0092-8674\(15\)00255-X?_returnURL=http%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS009286741500255X%3Fshowall%3Dtrue](http://www.cell.com/cell/fulltext/S0092-8674(15)00255-X?_returnURL=http%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS009286741500255X%3Fshowall%3Dtrue)
- Cacao Barry. (2017). *Mycryo cocoa butter*. Obtido de Cacao Barry: <http://www.cacao-barry.com/en-OC/chocolate-couverture-cocoa/ncb-hd706/mycryo-cocoa-butter>
- Carioua, S., Chaignaud, M., Montreer, P., & Fagesa, M. (2016). Odor Concentration Prediction by Gas Chromatography and Mass Spectrometry (GC-MS): Importance of VOCs

- Quantification and Odor Detection Threshold Accuracy. *Chemical Engineering Transactions*.
- Casas, J. A., & García-Ochoa, F. (1999). Viscosity of solutions of xanthan/locust bean gum mixtures. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, pp. 25-31.
- Chan, E.-S., Limb, T.-K., Voob, W.-P., Pogakub, R., Beng, T. T., & Zhangd, Z. (2011). Effect of formulation of alginate beads on their mechanical behavior and stiffness. *Particuology*, 228–234.
- Chang, K. (2007). *Food 2.0: Chefs as Chemists*. Obtido de The New York Times: <http://www.nytimes.com/2007/11/06/science/06food.html?mcubz=1>
- Chen, J., & Rosenthal, A. (2015). *Modifying Food Texture - Volume 1: Novel Ingredients and Processing Techniques*. Woodhead Publishing.
- Clemens, R. A., Jones, J. M., Kern, M., Lee, S.-Y., Mayhew, E. J., Slavin, J. L., & Zivanovic, S. (2016). Functionality of Sugars in Foods and Health. *Institute of Food Technologists*.
- Cocineros. (2017). *Cocineros*. Obtido de Cocineros: <http://www.cocineros.info/>
- Codex Alimentarius. (2017). *Codex General Standard for Food Additives (GSFA) Online Database*. Obtido de FAO: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/standards/gsfa/pt/>
- Comissão Europeia. (2008). *Regulamento (CE) N.º 1333/2008*. Obtido de EUR-Lex: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32008R1333>
- Comissão Europeia. (2011). *Regulamento (UE) N.º 1130/2011*. Obtido de EUR-Lex: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1503823270607&uri=CELEX:32011R1130>
- Comissão Europeia. (2015). *Regulamento (CE) N.º 2073/2005*.
- Comissão Europeia. (2015a). *Regulamento (UE) N.º 2015/2283*. Obtido de EUR-Lex: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32015R2283>
- Comissão Europeia. (2016). *EU Register on nutrition and health claims*. Obtido de Comissão Europeia: http://ec.europa.eu/food/safety/labelling_nutrition/claims/register/public/?event=search
- Consiglieri, C., & Abel, M. (1999). *A Tradição Conventual na Doçaria de Lisboa*. Colares Editora.
- Continente. (2017). *Continente*. Obtido de Continente: [https://www.continente.pt/stores/continente/pt-pt/public/Pages/ProductDetail.aspx?ProductId=4437973\(eCsf_RetekProductCatalog_MegastoreContinenteOnline_Continente\)](https://www.continente.pt/stores/continente/pt-pt/public/Pages/ProductDetail.aspx?ProductId=4437973(eCsf_RetekProductCatalog_MegastoreContinenteOnline_Continente))

- Copetti, G., Grassi, M., Lapasin, R., & Pricl, S. (1997). Synergistic gelation of xanthan gum with locust bean gum: a rheological investigation. *Glycoconjugate Journal*, pp. 951-961.
- Craig, D. Q., Kee, A., Tamburic, S., & Barnes, D. (2012). An investigation into the temperature dependence of the rheological synergy between xanthan gum and locust bean gum mixtures. *Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition*, pp. 377-389.
- Da Cruz, A. B., Santos, F., & Lourenço, A. (2004). O império do Pastel de Nata. *Visão*, 64-68.
- Da nossa cozinha. (2016). *Jantar da Iglo e o surpreendente Chef Tiago Bonito*. Obtido de Da nossa cozinha: <http://danossacozinha.blogspot.pt/2016/10/jantar-da-iglo-e-o-surpreendente-chef.html>
- Dar, Y. L., & Light, J. M. (2014). *Food Texture Design and Optimization*. IFT Press.
- Deibler, K. D., & Delwiche, J. (2004). *Handbook of Flavor Characterization: Sensory Analysis, Chemistry, and Physiology*. Marcel Dekker, Inc.
- Dugo, G., & Giacomo, A. D. (2002). *Citrus: The Genus Citrus*. CRC Press.
- Earle, M. D., & Earle, R. L. (2000). *Creating new foods: the product developer's guide*. Chartered Institute of Environmental Health.
- EFSA. (2016). *Novel and traditional food: guidance finalised*. Obtido de EFSA: <http://www.efsa.europa.eu/en/press/news/161110>
- EFSA. (2017). *Re-evaluation of locust bean gum (E 410) as a food additive*. EFSA.
- Elma. (2017). *Elmasonic P*. Obtido de Elma: <https://www.elma-ultrasonic.com/en/products/ultrasonic-cleaners/elmasonic-p/#tabs|p222:features>
- European Polyol Association. (s.d.). *Isomalt*. Obtido de European Polyol Association: <http://www.polyols-eu.com/isomalt>
- FAO. (1992). *Baked goods*. Obtido de FAO: <http://www.fao.org/Wairdocs/X5434E/x5434e07.htm>
- Ferreira, W., Sousa, J., & Lima, N. (2010). *Microbiologia*. Lisboa: Lidel.
- Filipe. (2014). *Belcanto, Lisboa*. Obtido de Só entre nós: <http://soentrenos.blogs.sapo.pt/belcanto-lisboa-65812>
- Food Safety Authority of Ireland. (2014). *Validation of Product Shelf-life*.
- Freitas, F., Alves, V., & Reis, M. (2015). Bacterial polysaccharides: production and applications in cosmetic industry. *Polysaccharides Bioactivity and Biotechnology*, pp. 2017–2043.
- Freke, C. D. (1971). The examination of starch gelling by microscopy. *Food Science & Technology*, pp. 273–279.
- Fuller, W. G. (2011). *New Food Product Development: From Concept to Marketplace*. CRC Press.

- Galić, K., D. Ćurić, D., & Gabrić, D. (2009). *Shelf Life of Packaged Bakery Goods—A Review*. Obtido de Critical Reviews in Food Science and Nutrition: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/10408390802067878>
- García-Ochoa, F., Santos, V., Casas, J., & Gómez, E. (2000). Xanthan gum: production, recovery, and properties. *Biotechnology Advances*, 18, pp. 549-579.
- Gassenzneler, K., & Schieberle, P. (1997). Comparison of Important Odorants in Puff-pastries. *Food Science and Technology*, pp. 282-288.
- Gerstenberg Schröder. (2012). *Puff Pastry Based on Palm Oil*.
- Ghashghaei, T., Soudi, M., & Hoseinkhani, S. (2016). Optimization of xanthan gum production from grape juice concentrate using Plackett-Burman design and response surface methodology. *Applied Food Biotechnology*, pp. 15–23.
- Gibbs, W. W., & Myhrvold, N. (2011). *Spherical Eats*. Obtido de Scientific American: <https://www.scientificamerican.com/article/spherical-eats/>
- Gomes, J. P. (2014). Uma Doce Viagem: Doces e Conservas na Correspondência de D. Vicente Nogueira com o Marquês de Niza (1647-1652). Em C. Soares, & I. C. Macedo, *Ensaio sobre o património luso-brasileiro* (pp. 213-250). Annablume Editora.
- Gomes, V. N. (2011). *Pastéis de Nata*. Obtido de Virgílio Nogueiro Gomes: <http://www.virgiliogomes.com/index.php/cronicas/404-pasteis-de-nata>
- Gomes, V. N. (2014). *O Melhor Pastel de Nata*. Obtido de Virgílio Nogueiro Gomes: <http://www.virgiliogomes.com/index.php/cronicas/583-o-melhor-pastel-de-nata>
- Gomes, V. N. (2015). *Glorioso Pastel de Nata*. Obtido de Virgílio Nogueiro Gomes: <http://www.virgiliogomes.com/index.php/cronicas/739-glorioso-pastel-de-nata>
- Gomes, V. N. (2017). *Doces conventuais*. Obtido de Virgílio Nogueiro Gomes: <http://www.virgiliogomes.com/index.php/cronicas/463-doces-conventuais>
- Govender, I. (2015). *Pastéis de nata, the sweet side of Portugal*. Obtido de finedininglovers: <https://www.finedininglovers.com/stories/pasteis-de-nata-recipe/>
- Grembecka, M. (2015). Sugar alcohols—their role in the modern world of sweeteners: a review. *European Food Research and Technology*, pp. 1–14.
- Hayakawa, F., Kazami, Y., Ishihara, S., Nakao, S., Nakauma, M., Funami, T., . . . Kohyama, K. (2014). Characterization of eating difficulty by sensory evaluation of hydrocolloid gels. *Food Hydrocolloids*, pp. 95-103.
- Heidenreich, S., Jaros, D., Rohm, H., & Ziem, A. (2004). Relationship between water activity and crispness of extruded rice crisps. *Journal of Texture Studies*, pp. 621–633.

- Heldman, D. R., Hotchkiss, J. H., Patrick, R. M., Boylston, T. D., Gillette, M. H., Haines, W. C., . . . Nachay, K. (2011). *Hydrocolloids in Food Processing*. Blackwell Publishing Ltd. and Institute of Food Technologists.
- Herrera, A. (2001). Mesophilic Aerobic Microorganisms. Em J. F. Spencer, & A. L. Spencer, *Food Microbiology Protocols*. Humana Press. doi:<https://doi.org/10.1385/1-59259-029-2:25>
- Higiro, J., Herald, T. J., & Alavi, S. (2006). Rheological study of xanthan and locust bean gum interaction in dilute solution. *Food Research International*, pp. 165–175.
- Hill, C., & Schluter, G. (2002). WHY DO FOOD MANUFACTURERS INTRODUCE NEW PRODUCTS? *Journal of Food Distribution Research*, pp. 102-111.
- Hübschmann, H.-J. (2015). *Handbook of GC-MS: Fundamentals and Applications*. Wiley-VCH.
- Imeson, A. (2010). *Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents*. Singapura: Wiley-Blackwell.
- Institute for Health Metrics and Evaluation. (2015). *Portugal*. Obtido de Institute for Health Metrics and Evaluation: <http://www.healthdata.org/portugal>
- Instituto Português da Qualidade. (1993). *NP 4258:1993 Análise sensorial. Directivas gerais para a concepção dos locais apropriados para análise*. Instituto Português da Qualidade.
- International Specialty Products. (2007). *Food Products using the Alginate/Calcium Reaction*. Estados Unidos da América: International Specialty Products.
- ISO. (2003). *Milk and milk products -- Enumeration of colony-forming units of micro-organisms -- Colony-count technique at 30 degrees C*. Obtido de ISO 6610:1992: <https://www.iso.org/standard/13022.html>
- Jay, J. M., Loessner, M. J., & Golden, D. A. (2005). *Modern Food Microbiology*. Springer US. doi:10.1007/b100840
- Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. (2007). *Evaluation of certain food additives and contaminants : sixty-eighth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives*. World Health Organization Press.
- JP SELECTA. (s.d.). “Agimatic-N” with heating. Obtido de JP SELECTA: chrome-extension://oemmndcbldboiebfnladdacbfmadadm/<http://www.grupo-selecta.com/pdfs/en/pages/Eng%20catalogue%2029.pdf>
- Kano, K., & Pettitt, D. (1993). Xanthan, gellan, welan, and rhamsan. Em J. BeMiller, & R. Whistler, *Industrial Gums Polysaccharides and Their Derivatives* (pp. pp. 341–398). Academic Press.
- Kemp, S. E., Hollowood, T., & Hort, J. (2009). *Sensory Evaluation: A practical handbook*. Wiley-Blackwell.

- Kongruang, S., Thakonthawat, M., & Promptu, R. (2005). Growth kinetics of xanthan production from uneconomical agricultural products with *Xanthomonas campestris* TISTR 1100. *Journal of Applied Sciences*, pp. 78–88.
- Kotler, P., Armstrong, G., & Opresnik, M. O. (2017). *Principles of Marketing*. Pearson Education Limited.
- Krishna Leela, J., & Sharma, G. (2000). Studies on xanthan production from *Xanthomonas campestris*. *Bioprocess Engineering*, Volume 23, Issue 6, pp 687–689.
- Kurozawa, L. E., & Hubinger, M. D. (2017). Hydrophilic food compounds encapsulation by ionic gelation. *Current Opinion in Food Science*, pp. 50-55.
- Lakkis, J. M. (2007). *Encapsulation and controlled release technologies in food systems*. Blackwell Publishing.
- Lauren. (2012). *How To Make Breakfast For Dessert*. Obtido de L'Espalier Blog: <http://blog.lespalier.com/page/2/>
- Leea, K. Y., & Mooneya, J. D. (2012). Alginate: Properties and biomedical applications. *Progress in Polymer Science*, 106–126.
- Leong, J.-Y., Lam, W.-H., Ho, K.-W., Voo, W.-P., Lee, M. F.-X., Lim, H.-P., . . . Chan, E.-S. (2016). Advances in fabricating spherical alginate hydrogels with controlled particle designs by ionotropic gelation as encapsulation systems. *Particuology*, pp. 44–60.
- Lim, J. (2011). Hedonic scaling: A review of methods and theory. *Food Quality and Preference*, pp. 733–747.
- Loisela, C., Kellera, G., Lecqb, G., Bourgauxc, C., & Ollivon, M. (1998). Phase Transitions and Polymorphism of Cocoa Butter. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, pp. 425–439.
- Lopes, B., Lessa, V., Silva, B., Filho, M. S., & Lacerda, L. (2015). Xanthan gum: properties, production conditions, quality and economic perspective. *Journal of Food and Nutrition Research*, 54, pp. 185–194.
- Mannion, R. O., Melia, C. D., Launay, B., Cuvelier, G., & Hill, S. E. (1992). Xanthan/locust bean gum interactions at room temperature. *Carbohydrate Polymers*, pp. 91-97.
- Marcotte, M., Hoshahilia, A. R., & Ramaswamy, H. (2001). Rheological properties of selected hydrocolloids as a function of concentration and temperature. *Food Research International*, pp. 695–703.
- Martins, C. (2011). *Manual de análise de dados quantitativos com recurso ao IBM SPSS*. Psiquilibros Edições.

- Matos, C. (2008). *A DOÇARIA TRADICIONAL PORTUGUESA*. Obtido de Confraria de Saberes e Sabores da Beira “Grão Vasco”: <http://www.confrariagraovasco.com/a-docaria-tradicional-portuguesa/>
- McGee, H. (2004). *On food and cooking: The science and lore of the kitchen*. Scribner.
- Merck. (2017a). *Extran® Manual Cleaning*. Obtido de Merck: http://www.merckmillipore.com/PT/en/products/reagents-chemicals-labware/cleaning-of-lab-equipment/extran-manual-cleaning/Dymb.qB.WH4AAAE_Tvd3.Lxi,nav?ReferrerURL=https%3A%2F%2Fwww.google.pt%2F
- Merck. (2017b). *Milli-Q® Type 1 Ultrapure Water Systems*. Obtido de Merck: <http://www.merckmillipore.com/PT/en/products/water-purification/type-1/5cSb.qB.89EAAFAJqykiQpx,nav>
- Mezger, T. G. (2014). *The Rheology Handbook*. European Coatings Tech Files.
- Milani, J., & Maleki, G. (2012). Hydrocolloids in Food Industry. Em B. Valdez, *Food Industrial Processes - Methods and Equipment*. InTech.
- Milas, M., & Rinaudo, M. (1986). Properties of xanthan gum in aqueous solutions: role of the conformational transition. *Carbohydrate Research*, pp. 191–204.
- Milas, M., Rinaudo, M., & Tinland, B. (1985). The viscosity dependence on concentration, molecular weight and shear rate of xanthan solutions. *Polymer Bulletin*, pp. 157–164.
- Ministério da Saúde. (2016). *Despacho n.º 7516-A/2016*. Obtido de Serviço Nacional de Saúde: <https://www.sns.gov.pt/noticias/2016/06/07/maquinas-de-venda-automatica-nos-servicos-do-sns/>
- Mishra, M. (2016). *Handbook of Encapsulation and Controlled Release*. CRC Press.
- Molecular Recipes. (2014). *Liquid Parmesan Gnocchi and Mushroom Infusion*. Obtido de Molecular Recipes: <http://www.molecularrecipes.com/spherification-1/liquid-parmesan-gnocchi-mushroom-infusion/>
- Morris, V. (1991). Weak and Strong Polysaccharide Gels. Em E. Dickinson, *Food Polymers, Gels and Colloids* (pp. 310-321). Woodhead Publishing.
- Moskowitz, H. R., Saguy, I. S., & Straus, T. (2009). *An Integrated Approach to New Food Product Development*. CRC Press.
- Mosteiro de Odivelas. (s.d.). *Receitas do mosteiro*. Obtido de Mosteiro de Odivelas: <http://www.mosteirodeodivelas.org/receitas-do-mosteiro/>

- Muntean, M.-V., Marian, O., Barbieru, V., Cătușescu, G. M., Ranta, O., Drocas, I., & Terhes, S. (2016). High Pressure Processing in Food Industry – Characteristics and Applications. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, pp. 377 – 383.
- National Research Council (U.S.); Food Protection Committee; Subcommittee on Microbiological. (1990). *An evaluation of the role of microbiological criteria for foods and food ingredients*. National Academy of Sciences.
- Nielsen. (2014). *Nielsen Breakthrough Innovation Report European Edition September 2014*. Nielsen.
- Nielsen. (2015). *Nielsen Global New Product Innovation Survey*. Nielsen.
- Nielsen. (2015). *Nielsen Breakthrough Innovation Report European Edition June 2015*. Nielsen.
- Nielsen. (2016). *Nielsen Breakthrough Innovation Report European Edition December 2016*. Nielsen.
- NIT. (2017). *Vem aí um pastel de nata com morangos e Nutella*. Obtido de NIT: <https://nit.pt/buzzfood/cafes-e-bares/vem-ai-um-pastel-nata-morangos-nutella>
- Norton, I. T., Spyropoulos, F., & Cox, P. (2011). *Practical Food Rheology: An Interpretive Approach*. Wiley-Blackwell.
- O'Sullivan, M. G. (2017). *A Handbook for Sensory and Consumer-Driven New Product Development Innovative Technologies for the Food and Beverage Industry*. Woodhead Publishing.
- Oliver, J. (2002). *The Return of the Naked Chef*. Penguin Books.
- Ooraikul, B., & Stiles, M. E. (1991). *Modified Atmosphere Packaging of Food*. Springer.
- Palaniraj, A., & Jayaraman, V. (2011). Production, recovery and applications of xanthan gum by *Xanthomonas campestris*. *Journal of Food Engineering*, pp. 1–12.
- Particle Analytical. (s.d.). *What is a polymorph?* Obtido de Particle Analytical: <http://particle.dk/what-is-a-polymorph/>
- Pastéis de Belém. (2013). *História*. Obtido de Pastéis de Belém: <https://pasteisdebelem.pt/history/>
- Peterson, D. G., & Reineccius, G. A. (2003). Determination of the aroma impact compounds in heated sweet cream butter. *Flavour and Fragrance Journal*, pp. 320–324.
- Phillips, G. O., & Williams, P. A. (2009). *Handbook of hydrocolloids*. CRC Press.
- Pongsawatmanit, R., & Srijunthongsiri, S. (2008). Influence of xanthan gum on rheological properties and freeze–thaw stability of tapioca starch. *Journal of Food Engineering*, pp. 137-143.

- Prado Coelho, A. (2012). *Pastel de nata com polpa de cereja é a aposta do Fundão*. Obtido de Público: <https://www.publico.pt/2012/06/02/local/noticia/pastel-de-nata-com-polpa-de-cereja-e-a-aposta-do-fundao-1548659>
- Ramos, A. (2014). *Os Doces no tempo monástico de Tibães*. Direcção regional de cultura do norte.
- Rao, M. A. (2007). *Rheology of Fluid and Semisolid Foods: Principles and Applications*. Springer.
- Ravanagh, G. M., & Ross-Murphy, S. B. (1998). Rheological characterisation of polymer gels. *Progress in Polymer Science*, pp. 533-562.
- Razavi, S. M., & Karazhiyan, H. (2012). Rheological and Textural Characteristics of Date Paste. *International Journal of Food Properties*.
- Rebelo, M. (2015). *Análise Exploratória dos Turistas Estrangeiros: O caso dos Pastéis de Belém*. ISEG.
- Rei, A., & Moreira, I. A. (2006). *Memórias Islâmicas na Gastronomia Portuguesa*. Revista Xarajib.
- Reiter, G., & Strobl, G. R. (2007). *Progress in Understanding of Polymer Crystallization*. Springer.
- República, A. d. (2016). *Diário da República n.º 248/2016, Série I de 2016-12-28*. Obtido de Diário da República Eletrónico: <https://dre.pt/home/-/dre/105637672/details/maximized>
- Ribeiro, A. P., Masuchi, M. H., Miyasaki, E. K., Domingues, M. A., Stroppa, V. L., de Oliveira, G. M., & Kieckbusch, T. G. (2015). Crystallization modifiers in lipid systems. *Journal of Food Science and Technology*, pp. 3925–3946.
- Rodrigues, D. (1680). *Arte de Cozinha*. Offic. da Viuva de Lino da Silva .
- Ruela, M. J. (2015). *Chef Tiger cozinha “avô” do pastel de nata para um milhão de portugueses*. Obtido de Expresso: <http://expresso.sapo.pt/multimedia/infografia/2015-11-06-Chef-Tiger-cozinha-avo-do-pastel-de-nata-para-um-milhao-de-portugueses>
- Saha, D., & Bhattacharya, S. (2010). *Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review*. Mysore: Central Food Technological Research Institute.
- Sandulachi, E. (2012). *Water activity concept and its role in food preservation*. Obtido de Research gate: https://www.researchgate.net/publication/310605656_WATER_ACTIVITY_CONCEPT_AND_ITS_ROLE_IN_FOOD_PRESERVATION
- Saramago, A. (1996). *Doçaria conventual do Norte: história e alquimia da farinha*. Colares Editora.
- Saramago, A. (1997). *Doçaria conventual do Alentejo: as receitas e o seu enquadramento histórico*. Colares Editora.

- Saranraj, P., & Geetha, M. (2012). Microbial Spoilage of Bakery Products and Its Control by Preservatives. *International Journal of Pharmaceutical & Biological Archives*, pp. 38-48.
- Sardinha, J. (2011). *The bastardisation of the pastel de nata*. Obtido de Canadians In Portugal: <http://www.canadiansinportugal.com/2011/09/bastardisation-of-pastel-de-nata.html>
- Schaffner, D. W. (2008). *Microbial risk analysis of foods*. Washington, DC: ASM Press.
- Scott, T. M., Rose, J. B., Jenkins, T. M., Farrah, S. R., & Lukasik, J. (2002). Microbial Source Tracking: Current Methodology and Future Directions. *American Society for Microbiology*, 68, 5796–5803. doi:10.1128/AEM.68.12.5796–5803.2002
- Sharma, M., Kristo, E., Milena Corredig, M., & Duizer, L. (2017). Effect of hydrocolloid type on texture of pureed carrots: Rheological and sensory measures. *Food Hydrocolloids*, 478-487.
- Silva, C. A. (1999). *Livro de Receitas da última Freira de Odivelas*. Mosteiro de Odivelas.
- Silva, I., Chotas, B., & Nunes, C. (2016). *Impostos sobre o consumo. Nova taxa sobre refrigerantes, combustíveis, álcool e tabaco vão pagar mais*. Obtido de Observador: <http://observador.pt/2016/10/15/impuestos-sobre-o-consumo-nova-taxa-sobre-refrigerantes-combustiveis-alcool-e-tabaco-vao-pagar-mais/>
- Smit, B. A., Engels, W. J., & Smit, G. (2009). Branched chain aldehydes: production and breakdown pathways and relevance for flavour in foods. *Applied Microbiology and Biotechnology*, pp. 987–999.
- Sobral, V. (2012). *As minhas receitas de bacalhau*. Casa das letras.
- Sousa, D. F. (2011). *A Doçaria Conventual de Coimbra*. Colares Editora.
- Sousa, D. F. (2013). *Arte doceira de Coimbra. Conventos e tradições. Receituários (séculos XVII-XX)*. Colares Editora.
- Sparkman, O. D. (2011). *Gas chromatography and mass spectrometry : a practical guide*. Academic Press.
- Sperling, H. (2008). *TECHNIQUE: Deep-Fried Béarnaise*. Obtido de Starchefs: https://www.starchefs.com/events/studio/techniques/brian_mccracken_dana_tough/html/index.shtml
- Stable Micro Systems . (2011). *Using the texture analyser for non-homogeneous products*. Obtido de Stable Micro Systems : http://www.textureanalyser.co.uk/usernews/may2011/user_news_0511.htm
- Sunthar, P. (2010). Polymer Rheology. Em J. M. Krishnan, A. P. Deshpande, & P. B. Kumar, *Rheology of Complex Fluids* (pp. 171-191). Springer.

- Talhata, A. M., Listera, V. Y., Moggridgea, G. D., Rasburnb, J. R., & Wilson, D. I. (2015). Development of a single droplet freezing apparatus for studying crystallisation in cocoa butter droplets. *Journal of Food Engineering*, pp. 67-83.
- Tomović, N. S., Trifković, K. T., Rakin, M. P., Rakin, M. B., & Bugarski, B. M. (2015). Influence of compression speed and deformation percentage on mechanical properties of calcium alginate particles. *Association of the Chemical Engineers of Serbia*.
- Tsai, F.-H., Chiang, P.-Y., Kitamura, Y., Kokawa, M., & Islam, M. (2017). Producing liquid-core hydrogel beads by reverse spherification: Effect of secondary gelation on physical properties and release characteristics. *Food Hydrocolloids*, 140-148.
- United States Department of Agriculture . (2017). *New products*. Obtido de Economic Research service: <https://www.ers.usda.gov/topics/food-markets-prices/processing-marketing/new-products/>
- Vieira, A. (2004). *Canaviais, açúcar e aguardentena Madeira. Séculos XV e XX*. Impressão Printer Portuguesa,.
- Vilhena, M. d. (2000). *Reminiscências árabes na doçaria portuguesa: as alcomonias*. ARQUIPÉLAGO • HISTÓRIA.
- Vliet, T. V. (2014). *Rheology and Fracture: Mechanics of Foods* . CRC Press.
- Winger, R., & Wall, G. (2006). *Food product innovation: A background paper*. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.
- Wüstenberg, T. (2015). *Cellulose and Cellulose Derivatives in the Food Industry: Fundamentals and Applications*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Yue, J., Zheng, Y., Liu, Z., Deng, Y., Jing, Y., Luo, Y., . . . Zhao, Y. (2015). Characterization of Volatile Compounds in Microfiltered Pasteurized Milk Using Solid-Phase Microextraction and GC×GC-TOFMS. *International Journal of Food Properties*, pp. 2193–2212.
- Zhong, S., Ren, J., Chen, D., Pan, S., Wang, K., Yang, S., & Fan, G. (2014). Free and Bound Volatile Compounds in Juice and Peel of Eureka Lemon. *Food Science and Technology Research*, pp. 167-174.
- Zuidam, N. J., & Nedovic, V. A. (2010). *Encapsulation Technologies for Active Food Ingredients and Food Processing*. Springer.

Anexos

Índice de anexos

Anexo A – Diagrama de fluxo de desenvolvimento de processos _____	145
Anexo B – Boletim da análise microbiológica do Bombom Pastel de Nata _____	146
Anexo C – Ficha de análise sensorial _____	147
Anexo D – Cromatograma do Bombom Pastel de Nata _____	149
Anexo E – Compostos voláteis identificados no Bombom Pastel de Nata _____	150
Anexo F – Cromatograma do pastel de nata referência _____	152
Anexo G – Compostos voláteis identificados no pastel de nata referência _____	153

Anexo A – Diagrama de fluxo de desenvolvimento de processos

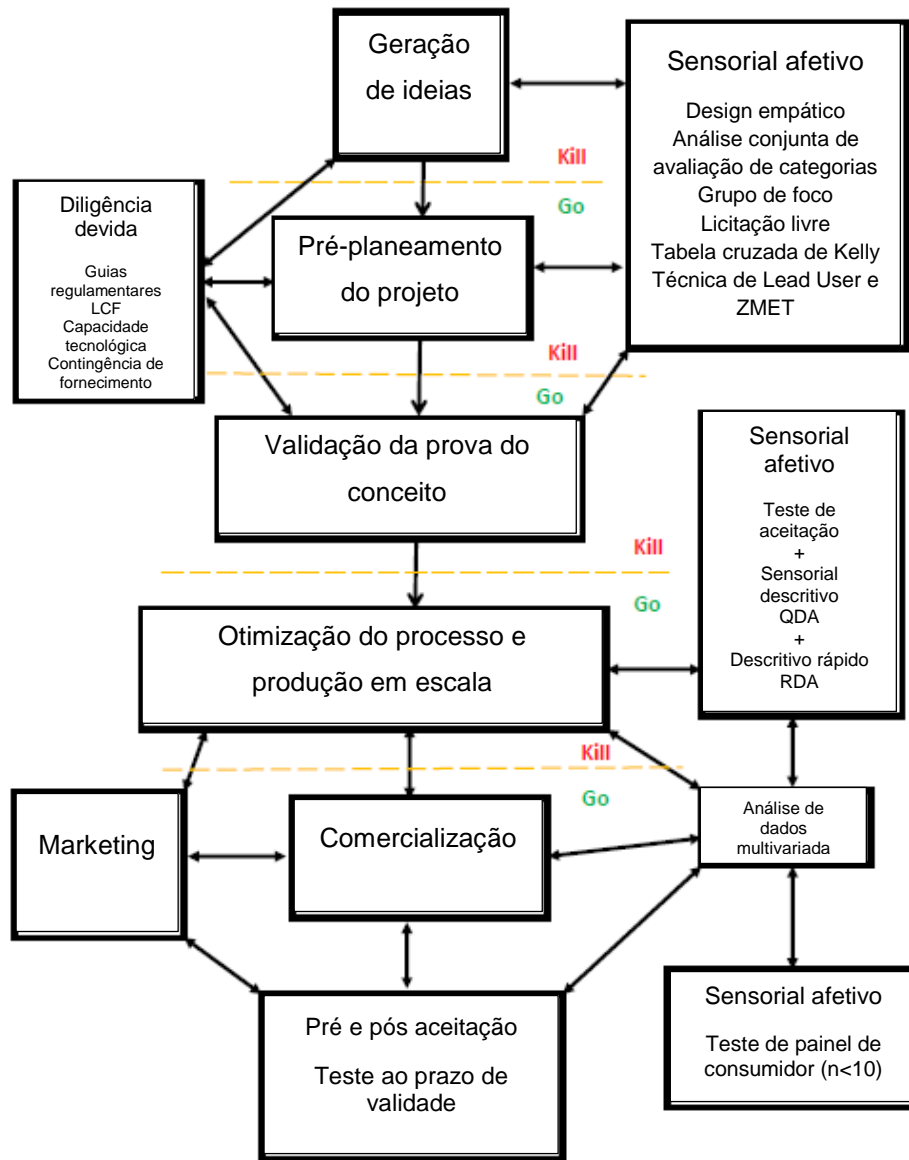


Figura 62. Diagrama de fluxo de desenvolvimento de processos. Go = satisfação dos critérios e prosseguir para a próxima etapa, Kill = terminar projeto, critérios de satisfação não cumpridos. Adaptado de O'Sullivan (2017).

Anexo B – Boletim da análise microbiológica do Bombom Pastel de Nata



UNIVERSIDADE
DE LISBOA



Departamento dos Recursos Naturais, Ambiente e Território (DRAT) Laboratório de Microbiologia

Requerente: Aluna Sónia Oliveira

Designação do produto: Bombom Pastel de Nata

Data de produção: 11-06-17 e 18-06-17* (só para pesquisar *Salmonella* sp)

Condições de armazenamento: refrigeração

Prazo de validade dado pelo cliente: 5 dias após produção

Análises microbiológicas

Amostra (Data de pedido)	Quantificação de mesófilos ISO 6610	Quantificação de bolores e leveduras NP 3277-1	Quantificação de coliformes NP 3788	Quantificação de <i>E. coli</i> ISO 16649-2	Pesquisa de <i>Salmonella</i> sp
Limites	<10 ³ UFC/g	<10 ² UFC/g	<10 ³ UFC/g	<10 UFC/g	Ausente em 25 g
Bombom T0 (12-06-17)	1,5 × 10 ⁴ UFC/g	1,8 × 10 ³ UFC/g	20 UFC/g	<10 UFC/g	-
Bombom T1 (16-06-17)	7,4 × 10 ⁴ UFC/g	5,3 × 10 ³ UFC/g	1,2 × 10 ² UFC/g	<10 UFC/g	-
Bombom produzido a 11-06-17 **	-	-	-	-	Ausente em 25 g
*Bombom produzido a 18-06-17	-	-	-	-	Ausente em 25 g

**Já fora da validade

Tapada da Ajuda, 04 de Julho de 2016

Responsável do Laboratório de Microbiologia

Prof. M. Malfeito Ferreira

Figura 63. Boletim da análise microbiológica do Bombom Pastel de Nata.

Anexo C – Ficha de análise sensorial

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DO CONSUMIDOR
Data: / /
Género: Masculino <input type="checkbox"/> Feminino <input type="checkbox"/>
Faixa Etária: < 20 anos <input type="checkbox"/> 20-35 anos <input type="checkbox"/> 36-50 anos <input type="checkbox"/> > 51 anos <input type="checkbox"/>
INTRODUÇÃO À FICHA DE ANÁLISE SENSORIAL
<p>A seguinte prova de análise sensorial está inserida na realização de uma tese de mestrado em Ciências Gastronómicas, da aluna Sónia Oliveira, sob a orientação das professoras Paulina Mata, Anabela Raymundo e Patrícia Fradinho. A prova de análise sensorial baseia-se no desenvolvimento de um novo produto alimentar.</p> <p>Nesta prova, existem perguntas de resposta fechada e aberta. Nas perguntas de resposta fechada, deverá selecionar uma única resposta (exceto na pergunta sobre a sua preferência de tipo de doces).</p> <p>Caso seja ALÉRGICO a algum alimento, deverá informar o responsável presente na sala, antes de iniciar a prova.</p> <p>Deverá igualmente informar o responsável se:</p> <ul style="list-style-type: none">• Tiver fumado há menos de 1h• Se encontrar doente• Estiver a usar um perfume forte• Sentir que existe alguma razão que possa interferir com o teste sensorial
PERFIL DO CONSUMIDOR
<p>Antes de iniciar a análise sensorial, por favor selecione a resposta que mais se adequa aos seus hábitos de consumo e gosto.</p> <p>Tem o hábito de consumir doces? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/></p> <p>Se sim, com que frequência? Diariamente <input type="checkbox"/> Várias vezes por semana <input type="checkbox"/> Algumas vezes por semana <input type="checkbox"/> Várias vezes por mês <input type="checkbox"/> Algumas vezes por mês <input type="checkbox"/> Raramente <input type="checkbox"/></p> <p>Que tipo de doces costuma consumir/comprar? Bolos e pasteis <input type="checkbox"/> Chocolates <input type="checkbox"/> Gomas <input type="checkbox"/> Bolachas <input type="checkbox"/> Snacks doces <input type="checkbox"/> Outros <input type="checkbox"/></p> <p>Costuma comprar novos produtos alimentares que sejam lançados no mercado? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/></p> <p>Se sim, quais as razões principais que o levam a comprar? _____</p> <p>_____</p>

Figura 64. Ficha de análise sensorial: perfil do consumidor.

FICHA DE PROVA		
Data: / /		
Género: Masculino <input type="checkbox"/> Feminino <input type="checkbox"/>		
Faixa Etária: < 20 anos <input type="checkbox"/> 20-35 anos <input type="checkbox"/> 36-50 anos <input type="checkbox"/> > 51 anos <input type="checkbox"/>		
PROVA DE ANÁLISE SENSORIAL		
Procedimento: <ul style="list-style-type: none"> Observe o produto apresentado e avalie-o quanto à cor, aparência e aroma. Prove o produto e avalie-o quanto ao sabor e textura. Classifique o produto quanto à sua apreciação global e intenção de compra. Responda ao último grupo de perguntas sobre outros doces. 		
<p style="text-align: center;">COR</p> <p><input type="checkbox"/> Muito agradável</p> <p><input type="checkbox"/> Agradável</p> <p><input type="checkbox"/> Indiferente</p> <p><input type="checkbox"/> Desagradável</p> <p><input type="checkbox"/> Muito desagradável</p> <p>Comentário: _____</p>	<p style="text-align: center;">APARÊNCIA</p> <p><input type="checkbox"/> Muito agradável</p> <p><input type="checkbox"/> Agradável</p> <p><input type="checkbox"/> Indiferente</p> <p><input type="checkbox"/> Desagradável</p> <p><input type="checkbox"/> Muito desagradável</p> <p>Comentário: _____</p>	<p style="text-align: center;">AROMA</p> <p><input type="checkbox"/> Muito agradável</p> <p><input type="checkbox"/> Agradável</p> <p><input type="checkbox"/> Indiferente</p> <p><input type="checkbox"/> Desagradável</p> <p><input type="checkbox"/> Muito desagradável</p> <p>Comentário: _____</p>
<p style="text-align: center;">TEXTURA</p> <p><input type="checkbox"/> Muito agradável</p> <p><input type="checkbox"/> Agradável</p> <p><input type="checkbox"/> Indiferente</p> <p><input type="checkbox"/> Desagradável</p> <p><input type="checkbox"/> Muito desagradável</p> <p>Comentário: _____</p>	<p style="text-align: center;">SABOR</p> <p><input type="checkbox"/> Muito agradável</p> <p><input type="checkbox"/> Agradável</p> <p><input type="checkbox"/> Indiferente</p> <p><input type="checkbox"/> Desagradável</p> <p><input type="checkbox"/> Muito desagradável</p> <p>Comentário: _____</p>	
<p style="text-align: center;">APRECIÇÃO GLOBAL</p> <p><input type="checkbox"/> Muito agradável</p> <p><input type="checkbox"/> Agradável</p> <p><input type="checkbox"/> Indiferente</p> <p><input type="checkbox"/> Desagradável</p> <p><input type="checkbox"/> Muito desagradável</p> <p>Comentário: _____</p>	<p style="text-align: center;">INTENÇÃO DE COMPRA</p> <p><input type="checkbox"/> De certeza que compraria</p> <p><input type="checkbox"/> Provavelmente compraria</p> <p><input type="checkbox"/> Não sei se compraria</p> <p><input type="checkbox"/> Provavelmente não compraria</p> <p><input type="checkbox"/> De certeza que não compraria</p> <p>Comentário: _____</p>	
Após ter provado o produto, associaria o sabor do produto a algum doce tradicional português? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>		
Sem sim, a qual? Leite creme <input type="checkbox"/> Arroz doce <input type="checkbox"/> Pastel de nata <input type="checkbox"/> Tigelada <input type="checkbox"/> Pastel de feijão <input type="checkbox"/>		
Outro <input type="checkbox"/> Qual? _____		
Comentário final:		

Figura 65. Ficha de análise sensorial: ficha de prova.

Anexo D – Cromatograma do Bombom Pastel de Nata

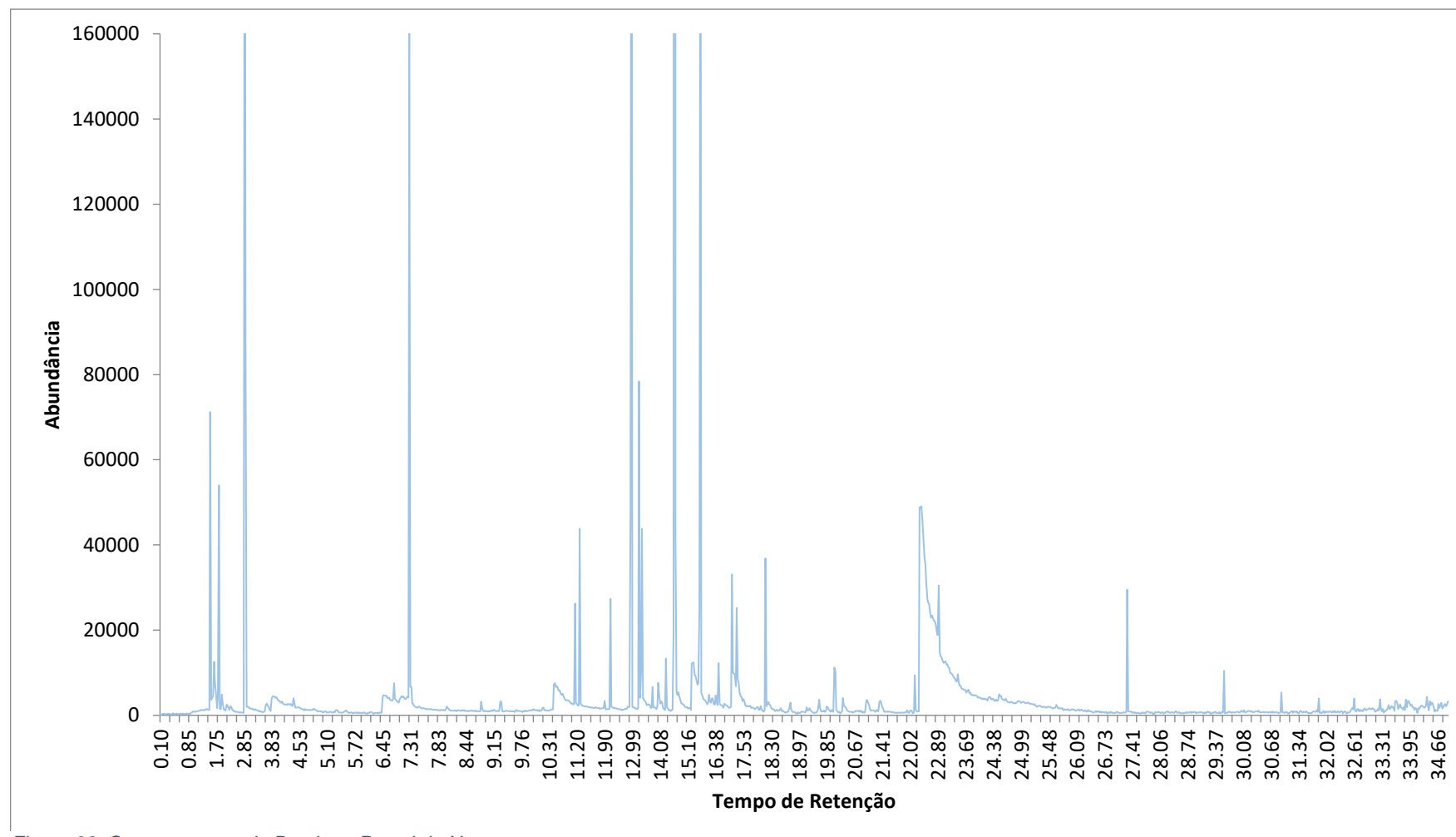


Figura 66. Cromatograma do Bombom Pastel de Nata.

Anexo E – Compostos voláteis identificados no Bombom Pastel de Nata

Tabela 21. Compostos voláteis identificados no Bombom Pastel de Nata.

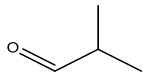
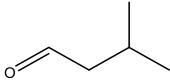
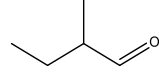
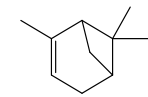
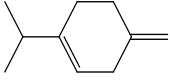
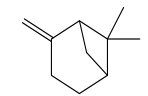
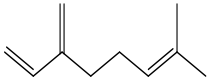
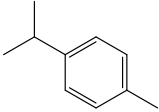
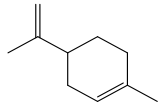
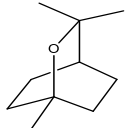
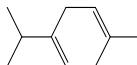

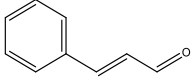
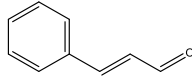
Composto		Molécula	CAS	KI	OTV	Elementos organoléticos
2-Metilpropanal	C ₄ H ₈ O		000078-84-2	555 iu	0.015	Caramelo, cacau, verde, malte, noz
3-Metilbutanal	C ₅ H ₁₀ O		000590-86-3	656 iu	0.00035	Acre, amêndoa, cacau, malte, pungente
2-Metilbutanal	C ₅ H ₁₀ O		000096-17-3	656 iu	0.001	Amêndoa, cacau, fermentado, avelã, malte
α-Pineno	C ₁₀ H ₁₆		000080-56-8	934 iu	0.1	Cedro, pinheiro, resina, agudo, terebintina
β-Terpineno	C ₁₀ H ₁₆		000099-84-3	N/A	N/A	N/A
β-Pineno	C ₁₀ H ₁₆		000127-91-3	978 iu	0.18	Pinha, polimento, resina, terebintina, madeira
β-Mirceno	C ₁₀ H ₁₆		000123-35-3	989 iu	0.0445	Balsâmico, fruta, gerânio, erva, bolor

Tabela 22. Compostos voláteis identificados no Bombom Pastel de Nata (continuação).

Composto		Molécula	CAS	KI	OTV	Elementos organoléticos
P-Cimeno	$C_{10}H_{14}$		000099-87-6	1026 iu	7.2	Citrino, fresco, gasolina, solvente, madeira
D-Limoneno	$C_{10}H_{16}$		005989-27-5	1018 iu	0,045	Cítrico, menta
Eucaliptol	$C_{10}H_{18}O$		000470-82-6	1032 iu	0.014	Cânfora, fresco, eucaliptol, hortelã, doce
γ -Terpineno	$C_{10}H_{16}$		000099-85-4	1059 iu	55	Amargo, citrino, gasolina, resina, terebintina
Nonanal	$C_9H_{18}O$		000124-19-6	1103 iu	0.0031	Citrinos, gordura, verde, pintura, pungente
(E)-Cinamaldeído	C_9H_8O		014371-10-9	1276 iu	6	Canela, mel, tinta, doce
Cinamaldeído	C_9H_8O		000104-55-2	N/A	0.000081	Canela, doce, especiarias, quente

Anexo F – Cromatograma do pastel de nata referência

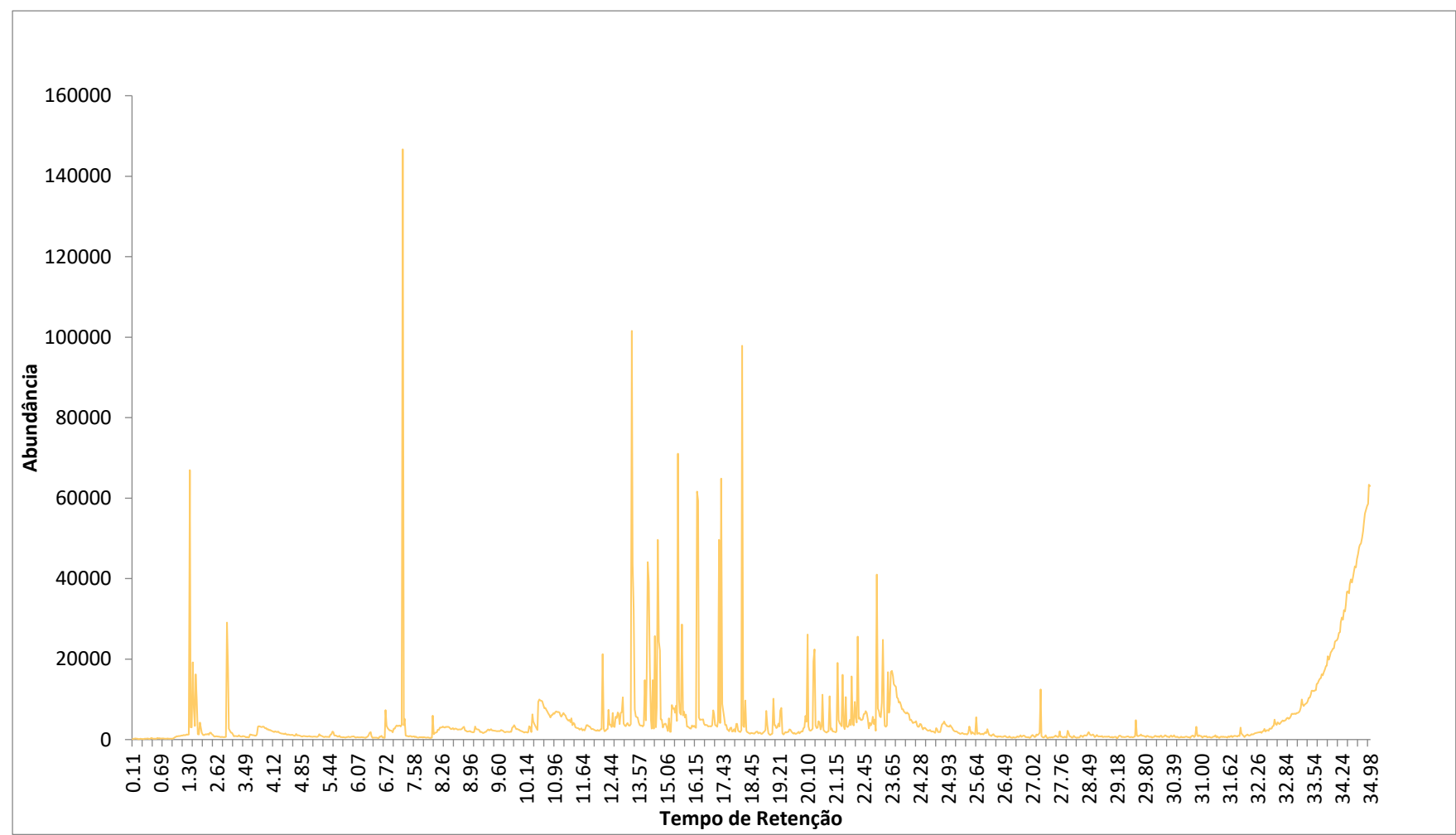


Figura 67. Cromatograma do pastel de nata referência.

Anexo G – Compostos voláteis identificados no pastel de nata referência

Tabela 23. Compostos voláteis identificados no pastel de nata referência.

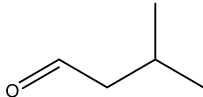
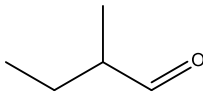
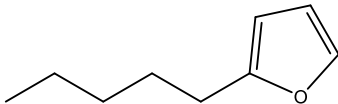
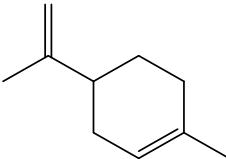
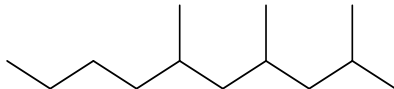
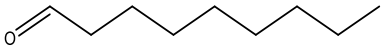
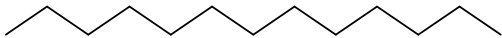
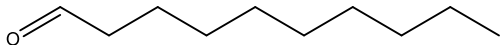
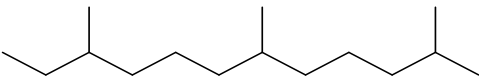
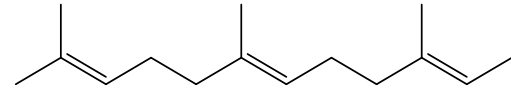
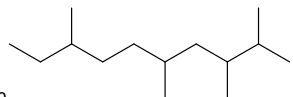
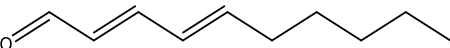
Composto	Molécula	CAS	KI	OTV	Elementos organoléticos
3-Metilbutanal	 <chem>CC(C)CC=O</chem> $C_5H_{10}O$	000590-86-3	656 iu	0.00035	Acre, amêndoa, cacau, malte, pungente
2-Metilbutanal	 <chem>CC(C)C=O</chem> $C_5H_{10}O$	000096-17-3	656 iu	0.001	Amêndoa, cacau, fermentado, avelã, malte
2-Pentilfurano	 <chem>CCCCCc1ccoc1</chem> $C_9H_{14}O$	003777-69-3	992 iu	0.019	Manteiga, floral, fruta, feijão verde
D-Limoneno	 <chem>CC1=C(C(CCC1)=C)C(C)C</chem> $C_{10}H_{16}$	005989-27-5	1030 iu	0.045	Cítrico, menta
2,4,6-Trimetildecano	 <chem>CC(C)CC(C)CC(C)CC</chem> $C_{13}H_{28}$	062108-27-4	N/A	N/A	N/A

Tabela 24. Compostos voláteis identificados no pastel de nata referência (continuação).

Composto	Molécula	CAS	KI	OTV	Elementos organoléticos
Nonanal	 $C_9H_{18}O$	000124-19-6	1103 iu	0.0031	Citrinos, gordura, verde, pintura, pungente
Undecano	 $C_{11}H_{24}$	000629-50-5	1300 iu	42	Alcano
Decanal	 $C_{10}H_{20}O$	000112-31-2	1204 iu	0.0026	Floral, frito, casca de laranja, penetrante, sebo
2,6-Dimetilundecano		003891-98-3	N/A	N/A	N/A
Farnesane	 $C_{13}H_{28}$				
2,3,5,8-Tetrametildecano	 $C_{14}H_{30}$	003913-02-8	N/A	N/A	Floral, agradável
2,4-Decadienal	 $C_{10}H_{16}O$	025152-84-5	1319 iu	0.0023	Coentro, frito, gordura, verde, oxidado